TÜRK STANDARDI

TURKISH STANDARD

TS 825

Mayıs 2008

ICS 91.120.10

BİNALARDA ISI YALITIM KURALLARI

Thermal insulation requirements for buildings

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

- Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınları izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.

- Bu standardı oluşturan Hazırlık Grubu üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.

Kalite Sistem Belgesi
İmalât ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşların sistemlerini TS EN ISO 9000 Kalite Standardlarına uygun olarak kurmaları durumunda TSE tarafından verilen belgedir.

Türk Standardlarına Uygunluk Markası (TSE Markası)
TSE Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin ilgili Türk Standardına uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

Kalite Uygunluk Markası (TSEK Markası)
TSEK Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin henüz Türk Standardı olmadığından ilgili milletlerarası veya diğer ülkelerin standardlarına veya Enstitü tarafından kabul edilen teknik özelliklere uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

DİKKAT!

TS işareti ve yanında yer alan sayı tek başına iken (TS 4600 gibi), mamulün Türk Standardına uygun üretildiğine dair üreticinin beyanını ifade eder. **Türk Standardları Enstitüsü tarafından herhangi bir garanti söz konusu değildir.**

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

Ön söz

- Bu standard, Türk Standardları Enstitüsü'nün Mühendislik Hizmetleri İhtisas Grubu'nca TS 825: 1998'in revizyonu olarak hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 22 Mayıs 2008 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

- Bu standardın daha önce yayımlanmış bulunan baskıları geçersizdir.

- Bu standardın hazırlanmasında, milli ihtiyaç ve imkanlarımız ön planda olmak üzere, milletlerarası standardlar ve ekonomik ilişkilerimiz bulunan yabancı ülkelerin standardlarındaki esaslar da gözönünde bulundurularak; yarar görülen hallerde, olabilen yakınlık ve benzerliklerin sağlanmasına ve bu esasların, ülkemiz şartları ile bağdaştırılmasına çalışılmıştır.

- Bu standard son şeklini almadan önce; bilimsel kuruluşlar, üretici/ imalatçı ve tüketici durumundaki konunun ilgilileri ile gerekli işbirliği yapılmış ve alınan görüşlere göre olgunlaştırılmıştır.

- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz.

(Ek bölüm:RG-17/7/2009-27291)

Atıf yapılan Türk Standardları

TS 64-2 622-2 /Mart 2005	Lif levhalar – özellikler – Bölüm 2: Sert levhaların özellikleri Fibreboards – Specifications – Part 2: Requirements for hardboards
TS 64-3 622-3 /Mart 2005	Lif levhalar – özellikler – Bölüm 3: Sert levhaların özellikleri Fibreboards – Specifications – Part 3: Requirements for hardboards
TS 406/Nisan 1988	Beton Bloklar-Briketler-Duvarlar İçin Concrete Blocks and Bricks for Walls
TS 500/Şubat 2000	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Requirements for design and construction of reinforced concrete structures
TS 1047/Ocak 1982	Kontrtablalar-Genel Amaçlar İçin-Soyma Plakalı Blockboards For General Purposes-With Rotary Cut Veneer
TS 1474/Nisan 1974	Alçı Bölme Duvarı Bileşenleri Gypsum Partition Wall Components
TS 2164/Ekim 1983	Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları Principles For the Prefaration of the Projects of the Central Systems
TS 2902/Nisan 1990	Sırlı Tuğlalar Ceramic Glazed Structural Clay Facing Tile, Eacing Brick and Solid Masonry Units
TS 3234/Eylül 1978	Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları Mining, Placing, Curing, Mix Design and Methods of Testing of Pumice Concrete
TS 3482/Ocak 1988	Yonga Levhaları-Dik Yongalı Particle boards-Extruded boards
TS 3649/Nisan 1982	Perlitli Isı Yalıtımı Betonu-Yapım-Uygulama Kuralları ve Metodları Rules for Marking and Testing Perlite Aggregate Concrete
TS 4562/Ekim 1985	Fabrika Tuğlaları- Duvarlar İçin- Klinker Tuğla Clinker Bricks
TS 10981/Nisan 1983	Plastikler-Sert Köpük Plastikler-Binaların Isı Yalıtımı Püskürtmeyle Uygulanan Poliüretan Köpük Cellular plastics, Rigid - spray -Applied polyurethane foam for thermal insulation of buildings - Specification
TS 451 EN 12859 /Mart 2003	Alçı Bloklar-Tarifler, Özellikler ve Deneyler ve Deney Metotları Gypsum Bloks-Definitions, Requirements and test methods
TS 808 EN 771-2 /Aralık 2005	Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 2: Kireç kumtaşı kâgir birimler Specification for masonry units - Part 2: Calcium silicate masonry units
TS 901-1 EN 13162 /Nisan 2005	Isı yalıtım mamulleri - Binalarda kullanılan - Fabrika yapımı mineral yün (MW) mamuller- Özellikler Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products – Specification

TS 304 EN 13170 /Nisan 2003	Isı Yalıtım Mamülleri-Binalar İçin-Fabrika Yapımı Genleştirilmiş Meşe Mantarı Thermal insulation products for buildings-Factory made products of expanded cork (ICB)- Specification
TS 1114 EN 13055-1 /Nisan 2004	Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için Lightweight aggregates –Part 1: Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout
TS 4645 EN 636 /Nisan 2005	Kontrplâk – Özellikler Plywood - Specifications
TS 7316 EN 13163 /Nisan 2002	Isı Yalıtım Mamulleri- Binalar İçin- Fabrikasyon Olarak İmal Edilen-Genleştirilmiş Polistiren Köpük- Özellikler Thermal insulation products for buildings- Factory made products of expanded polystrene (EPS)- Specification
TS 11989 EN 13164 /Nisan 2003	Isı Yalıtım Mamulleri-Binalar İçin-Fabrikasyon Ekstrüzyonla İmal Edilen Polistiren Köpük (XPS)- Özellikler Thermal insulation products for buildings-Factory made products of extruded polystrene foam (ZPS) specifications
TS EN 520 /Kasım 2006	Alçı levhalar - Tarifler, gerekler ve deney metotları Gypsum plasterboards - Definitions, requirements and test methods
TS EN 309/Ocak 2008	Yonga levhalar - Tarif ve sınıflandırma Particleboards - Definition and classification
TS EN 771-4 /Temmuz 2006	Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 4: Gazbeton kâgir birimler Specification for masonry units - Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units
TS EN 998-1 /Şubat 2006	Kâgir harcı - Özellikler - Bölüm 1: Kaba ve ince sıva harcı Specification for mortar for masonry - Part 1: Rendering and plastering mortar
TS EN 998-2 /Şubat 2006	Kâgir harcı - Özellikler - Bölüm 2: Kâgir harcı Specification for mortar for masonry - Part 2: Masonry mortar
TS EN 12088 /Ocak 2002	Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin- Daldırma Metoduyla Süreli Difuzyona Bağlı Su Absorpsiyonunun Tayini Thermal insulating products for building applications-Determination of long term water absorption by diffusion
TS EN 12086 /Şubat 2002	Isı Yalıtım Malzemeleri - Isı Yalıtım Malzemeleri - Binalar İçin - Su Buharı Geçirgenlik Özelliklerinin Tayini Thermal insulating products for building applications-Determination of long term water absorption by immersion
TS EN ISO 12572 /Kasım 2001	Binalarda Kullanılan Malzemelerin ve Ürünlerin Higrotermal Performansı- Su Buharı Aktarımı Özelliklerinin Belirlenmesi Hygrothermal performance of building materials and products Determination of water vapour transmission properties (ISO 12572:2001)
TS EN ISO 10211-	Bina İnşaatlarında Isıl Köprüler - Isı Akışları ve Yüzey Sıcaklıkları -

1 /Kasım 2000	Bölüm 1: Genel Hesaplama Metotları Thermal bridges in building construction-Heat flows and surfacetemperatures-Part 1: General calculation methods
TS EN ISO 10211-2 /Kasım 2001	Bina Yapımında Isıl Köprüler- Isı Akışlarının ve Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanması- Bölüm 2: Doğrusal Isıl Köprüler Thermal bridges in building construction - Calculation of heat flows and surface temperatures - Part 2: Linear thermal bridges
TS EN ISO 14683+AC /Mart 2000	Bina İnşaatı - Isıl Köprüler-Lineer Isıl Geçirgenlik –Basitleştirilmiş Metot ve Hatasız Değerler Thermal bridges in building construction- Linear thermal transmittance-Simplified method and default values
TS EN ISO 6946 /Nisan 2007	Yapı bileşenleri ve yapı elemanları - Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik hesaplama metodu Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method
TS EN 832 /Aralık 2007	Binaların ısıl performansı – Meskenlerde ısıtma amacıyla kullanılan enerjinin hesaplanması Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for heating - Residential buildings
TS EN 12369-1 /Mart 2005	Ahşap esaslı levhalar - Yapısal amaçlı tasarım için karakteristik değerler - Bölüm 1: OSB, yonga levhalar ve lif levhalar Wood-based panels – Characteristic values for structural design – Part 1: OSB, particleboards and fibreboards
TS EN 13165 /Mart 2004	Isı yalıtım mamulleri-Binalar için-Fabrikasyon olarak imal edilen sert poliüretan köpük (PUR)-Özellikler Thermal insulation products for buildings - Factory made rigid polyurethane foam (PUR) products - Specification
TS EN 13166 /Mart 2004	Isı Yalıtım Mamülleri - Binalar İçin - fabrikasyon olarak imal edilen fenolik köpük (PF) Özellikler Thermal insulation products for buildings - Factory made products of phenolic foam (PF) - Specification
TS EN 13167 /Aralık 2002	Isı Yalıtım Ürünleri- Binalarda Kullanılan- Fabrika Yapımı Cam Yünü Ürünleri- Özellikler Thermal insulation products for buildings - Factory made cellular glass (CG) products - Specification
TS EN 13168 /Nisan 2003	Isı Yalıtım Mamulleri-Binalarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Rende Yongası (WW)Mamulleri – Özellikler Thermal insulation products for buildings - Factory made wood wool (WW) products - Specification
TS EN 13171 /Nisan 2003	Isı Yalıtım Mamulleri-Binalarda Kullanılan-Fabrika Yapımı Odun Lifli (WF) Mamuller Özellikler Thermal insulation products for buildings - Factory made wood fibre (WF) products - Specification
TS EN 7711 /Nisan 2005	Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 1: Kil kâgir birimler (Tuğlalar) Specification for masonry units-Part 1: Clay masonry units

TS EN 771-3 /Nisan 2005	Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 3: Beton kâgir birimler (Yoğun ve hafif agregalı) Specification for masonry units - Part 3: Aggregate concrete masonry units (Dense and light - weight aggregates
TS EN 14316-1 /Kasım 2006	Isı yalıtım malzemeleri - Binalar için - Genleştirilmiş perlitten (EP) yerinde yapılan ısı yalıtımı - Bölüm 1: Bağlı ve gevşek dolgulu malzemelerin yerleştirilme öncesi özellikleri Thermal insulation products for buildings - In-situ thermal insulation formed from expanded perlite (EP) products - Part 1: Specification for bonded and loose-fill products before installation
TS EN 13169 /Ocak 2004	Isı yalıtım malzemeleri – Binalar için – Genleştirilmiş perlitten fabrikada imal edilmiş mamuller (EPB) – Özellikler Thermal insulation products for buildings – Factory made products of expanded perlite (EPB) - Specification

İçindekiler

0 Konu, tarif, kapsam, amaç ve uygulama alanı....1
0.1 Konu....1
0.2 Tarifler, semboller ve birimler....1
0.3 Kapsam....3
0.4 Amaç....3
0.5 Uygulama alanı....4
1 Genel açıklamalar....4
1.1 Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler....5
1.2 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri....5
1.3 Özel hükümler....6
2 Hesap metodu....6
2.1 Temel bilgiler....6
2.2 Genel bilgiler....10
3 Hesap raporu....16
3.1 Birimler....16
3.2 Hesap raporu....16
Ek A....30
Ek B....32
Ek C - Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m²]....33
Ek D - İllere göre derece gün bölgeleri....34
Ek E - Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısıl iletkenlik hesap değeri (λ_h) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)....35
Ek F - Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması....52
Ek G - İllerin ve bazı ilçelerin aylık ortalama bağıl nem oranları (%)....68
Ek G'nin devamı....69
Ek G'nin devamı....70
Ek H....71
Ek I (Bilgi için) - Binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi....73
Ek J (Bilgi için) - Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi....74
Ek K (Bilgi için) - Derece gün bölgelerine göre illerimiz....75
Kaynaklar....76

Binalarda ısı yalıtım kuralları

0 Konu, tarif, kapsam, amaç ve uygulama alanı

0.1 Konu

Bu standard, binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine dairdir.

0.2 Tarifler, semboller ve birimler

0.2.1 Tarifler

0.2.1.1 Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{ı,ay}$)

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir ay içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı. Birimi "Joule"dür.

0.2.1.2 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{ı,yıl}$)

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken ısı enerjisi miktarı. Birimi "Joule"dür.

0.2.1.3 Binanın özgül ısı kaybı (H)

İç ve dış ortamlar arasında 1 K sıcaklık farkı olması durumunda, binanın dış kabuğundan iletim ve havalandırma yolu ile birim zamanda kaybedilen ısı enerjisi miktarı. Birimi "Watt/Kelvin"dir.

0.2.1.4 Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (θ_e)

Dış sıcaklığın aylık ortalama değeri. Birimi "°C"tur.

0.2.1.5 Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (θ_i)

İç sıcaklığın aylık ortalama değeri. Birimi "°C"tur.

0.2.1.6 Binanın iç ısı kazançları (ϕ_i)

Binanın ısıtma sisteminin dışında, ısıtılan ortam içinde bulunan ısı kaynaklarından, ısıtılan ortama birim zamanda yayılan ısı enerjisi miktarı. Birimi "Watt"tır.

0.2.1.7 Güneş enerjisi kazançları (ϕ_s)

Isıtılan ortama birim zamanda, doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı. Birimi "Watt"tır.

0.2.1.8 Kazanç kullanım faktörü (η)

İç ısı kazançlarının ve güneş enerjisi kazancının toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranı. Birimsizdir.

0.2.1.9 Bina kullanım alanı (A_n)

Binanın net kullanım alanı. Birimi "m^2"dir.

0.2.1.10 Binanın ısıtılan brüt hacmi ($V_{brüt}$)

Binanın ısı kaybeden yüzeylerini çevreleyen ve dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacim. Birimi "m^3" tür.

0.2.1.11 Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı (A_{top})

Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı vb. yapı bileşenlerinin ısı kaybeden yüzey alanlarının dış ölçülere göre bulunan toplamı. Birimi "m^2"dir.

0.2.1.12 A_{top} / $V_{brüt}$ oranı

Isı kaybeden toplam yüzey alanının (A_{top}), yapının ısıtılan brüt hacmine ($V_{brüt}$) oranı. Birimi "m^{-1}"dir.

0.2.1.13 Tek hacimli bina

Binanın tamamı için tek bir ortalama iç sıcaklık alınarak hesaplama yapılması hâlinde kullanılan bina tanımlanması.

0.2.1.14 Birden fazla hacimli bina

Binanın farklı amaçlarla kullanılan birden fazla bölümünün iç sıcaklık ortalamalarının ayrı ayrı bulunması ve her bir bina bölümü için ayrı ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplaması yapılması durumu için kullanılan binanın tanımlanması. R_i R_e

0.2.2 Semboller ve birimler

Sembol	Açıklama	Birim
ρ	Havanın yoğunluğu	kg/m^3
β	Fanların çalıştığı, zaman oranı	-
μ	Su buharı difüzyon direnç katsayısı	-
φ	Bağıl nem	-
η	Verim, kazanç kullanım faktörü	-
λ_h	Isıl iletkenlik hesap değeri	W/m.K
$\phi_{s,ay}$	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı	W
$\phi_{i,ay}$	Aylık ortalama iç ısı kazancı	W
η_v	Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimi	-
1/ U	Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci	$m^2.K/W$
R,1/Λ	Isıl geçirgenlik direnci	$m^2.K/W$
R_e	Dış yüzey ısıl iletim direnci (dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı)	$m^2.K/W$
R_i	İç yüzey ısıl iletim direnci (iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı)	$m^2.K/W$
A	Yapı elemanlarının toplam alanı	m^2
A_D	Dış duvar alanı	m^2
A_d	Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı	m^2
$A_{dsıc}$	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı	m^2
A_i	i yönündeki toplam pencere alanı	m^2
A_n	Bina kullanım alanı	m^2
A_P	Pencere alanı	m^2
A_T	Tavan alanı	m^2
A_t	Zemine oturan taban/döşeme alanı	m^2
A_{top}	Binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanı	m^2
c	Havanın özgül ısısı	J/kgK
d	Yapı bileşeninin kalınlığı	m
e	Mekanik havalandırma hesabında kullanılacak olan bina durum katsayısı	-
f	Mekanik havalandırma hesabında kullanılacak olan yüzey katsayısı	-
$g_\perp$	Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü	-
$g_{i,ay}$	i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü	-
H	Binanın özgül ısı kaybı	W/K
H_v	Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı	W/K
H_T	İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı	W/K
İ	Difüzyon akış yoğunluğu	kg/m^2h
$I_{i,ay}$	i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti	W/m^2
KKO_{ay}	Kazanç / kayıp oranı	-
n_{50}	İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim oranı	-
n_h	Hava değişim oranı	h^{-1}
p	Kısmi su buharı basıncı	Pa
p_d	Yapı bileşeninin dış yüzeyiyle temas hâlinde olan havanın su buharı kısmi basıncı	Pa
p_i	Yapı bileşeninin oda içindeki yüzeyiyle temas hâlinde olan havanın su	Pa

	buharı kısmi basıncı	
p_s	T sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı	Pa
p_{sw}	Doymuş su buharı basıncı	Pa
q	Isı akış yoğunluğu	W/m_2
Q_{ay}	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Joule
$Q_{yıl}$	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	Joule
$r_{i,ay}$	i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü	-
t	Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30)	s

Sembol	**Açıklama**	**Birim**
θ_e	Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı	°C
θ_i	Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı	°C
θ_{yd}	Dış yüzey sıcaklığı	°C
θ_{yi}	İç yüzey sıcaklığı	°C
$\theta_{yi,en\ düşük}$	Kabul edilebilir en düşük iç yüzey sıcaklığı	°C
U	Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik katsayısı	$W/m^2.K$
U_d	Dış hava ile temas eden tabanın ısıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_D	Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
$U_{dsıc}$	Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_P	Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_T	Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
U_t	Zemine oturan tabanın/döşemeninısılgeçirgenlik katsayısı	W/m^2K
V_0	Vantilâtörlerin çalışmadığı durum için hacimce hava değişim debisi	m^3/h
$V_{brüt}$	Binanın ısıtılan brüt hacmi	m^3
V_E	Hava çıkış debisi	m^3/h
V_f	Vantilatörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi	m^3/h
V_h	Havalandırılan hacim	m^3
V'	Hacimce toplam hava değişim debisi	m^3/h
V_S	Taze hava giriş debisi	m^3/h
g	Birim alandan geçen su buharı miktarı	$kg/(m^2.s)$
S_d	Su buharı difüzyon-eşdeğer hava tabakası kalınlığı	-
δ_p	Kısmi buhar basıncına bağlı malzemenin su buharı geçirgenliği	kg/(m s Pa)
δ_o	Kısmi buhar basıncına bağlı havanın su buharı geçirgenliği	kg/(m s Pa)
ν	Havanın birim hacmindeki nem miktarı	kg/m^3
Δ_v	İç ortamın nem fazlalığı, v_i - v_e	kg/m^3
Δp	İç ortamın buhar basıncı fazlalığı, p_i – p_d	Pa

0.3 Kapsam

Yeni yapılacak olan binalar : Bu standard, yeni inşa edilecek binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarını, izin verilebilecek en yüksek ısı kaybı değerlerini ve hesaplama ile ilgili bilgilerin sunuş şeklini kapsar. Bu kurallar pasif güneş enerjisi sistemlerini ihtiva eden binalarda kullanılamaz.

Mevcut binalar : Mevcut binaların tamamına veya bağımsız bölümlerinde yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerdeki uygulama yapılacak olan bölümler için bu standardda verilen ısıl geçirgenlik kat sayılarına (Ek A.3) eşit ya da daha küçük değerlerin sağlanması bakımından uyulmalıdır.

Standardda tanımlanan hesap metodunun kullanılması sırasında gerekli olan bazı bilgiler, (yoğuşma hesabı dâhil) ekler hâlinde (Ek A - Ek J) standardın sonuna eklenmiştir.

Bu standard, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabına yönelik bir metod belirlemektedir. Diğer amaçlarla olan enerji ihtiyaçları bu standardın kapsamı dışındadır.

0.4 Amaç

Bu standardın amacı, ülkemizdeki binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarlarını sınırlamayı, dolayısıyla enerji tasarrufunu artırmayı ve enerji ihtiyacının hesaplanması sırasında

kullanılacak standard hesap metodunu ve değerlerini belirlemektir. Bu standard ayrıca aşağıdaki amaçlarla da kullanılabilir:

- Yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine bu standardda açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek,

- Mevcut binaların net ısıtma enerjisi tüketimlerini belirlemek,

- Mevcut bir binaya yenileme projesi uygulamadan önce, uygulanabilecek enerji tasarruf tedbirlerinin sağlayacağı tasarruf miktarlarını belirlemek,

- Bina sektörünü temsil edebilecek muhtelif binaların enerji ihtiyacını hesaplayarak, bina sektöründe gelecekteki enerji ihtiyacını milli seviyede tahmin etmek.

0.5 Uygulama alanı

Bu standard aşağıda belirtilen binalarda uygulanır:

- Konutlar,
- Yönetim binaları,
- İş ve hizmet binaları,
- Otel, motel ve lokantalar,
- Öğretim binaları,
- Tiyatro ve konser salonları,
- Kışlalar,
- Ceza ve tutuk evleri,
- Müze ve galeriler,
- Hava limanları,
- Hastaneler,
- Yüzme havuzları,
- İmalât ve atölye mahalleri,
- Genel kullanım amaçları dolayısıyla iç sıcaklıkları asgari 15°C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri ile endüstri ve sanayi binaları,
- Yukarıda belirtilen amaçların birkaçına yönelik olarak veya bunlara benzer amaçlar için kullanılan binalar.

Not - Bu standardda yıllık ısı ihtiyacı hesabında kullanılacak olan; binaların iç sıcaklık değerleri Madde B.1, dış sıcaklık değerleri Madde B.2, illerin bulunduğu derece gün bölgeleri ise Ek D'de verilmiştir.

1 Genel açıklamalar

İnsanların barındığı veya çalıştığı binalarda, sıcaklık etkilerinden korunma, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri yönlerinden önemlidir.

- Sıcaklık etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlığa uygun, bir iç iklimsel çevrenin sağlanmasının temel şartıdır.
- Hacimlerin ısıtma enerjisi ihtiyacı ve bunu sağlamak için yapılan ısıtma giderleri hacmi çevreleyen bileşenlerin ısı yalıtım ve ısı depolama özelliklerine bağlıdır.
- Sıcaklık etkilerinden yeterince korunma hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin yüzeylerinde su buharı yoğuşmasını önler. Bileşenlerde sıcaklık değişimlerinin oluşturduğu hareketleri küçültür ve böylece yapıda bu olaydan ileri gelebilecek zararları önleyerek, yakıt giderlerini azaltmakla birlikte, binanın bakım ve onarım giderlerini de azaltır.
- Binanın projelendirme döneminde alınacak önlemler (örneğin, bina yerinin doğru seçilmesi) ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyebilir. Rüzgâr etkisi altındaki bir binada ısı kaybı, komşu binalar, bitki ve ağaçlarla korunmuş olanlara oranla daha çoktur.
- Bina dış yüzeylerini büyütmenin ısı kaybını da o oranda artıracağı, projelendirme döneminde göz önünde tutulmalıdır.
- Ayrık bir binadaki ısı kaybı, aynı büyüklük ve inşaat biçiminde yapılan bitişik düzendeki başka bir binaya göre daha fazladır.
- Bir bina içindeki odaların birbiri ile olan ilişkisi (örneğin, ısıtılan hacimlerin yan yana veya üst üste yerleştirilmesi) büyük önem taşır.

- Isı kaybını önlemek için, bina girişlerinde rüzgârlık yapılmalıdır (dış kapıdan ayrı olarak kendiliğinden kapanan ikinci bir kapı düzeni).
- Büyük pencere yüzeyleri, (çift yüzeyli pencere, bitişik pencere, özel birleştirilmiş çok katlı camlı pencere bile olsa) ısı kaybını çoğaltır. Köşe odalarda, pencerelerin binanın dış duvarlarından yalnız birinde olması, ısı etkilerinden korunma yönünden daha doğrudur.
- Bacalar ve tesisat boruları dış duvarlar üzerinde bulunmamalıdır. Bu önlem yakıttan tam yararlanma, baca gazlarının soğumasını, bacanın kurum tutmasını, tesisat borularının donmasını önleme bakımlarından önemlidir.
- Duvar ve döşemelerin ısı depolama özelliği, kışın ısıtmanın durması hâlinde çabuk bir soğumayı, yazın da özellikle güneş etkisi altında bulunan hacimlerde, iç ortam hava sıcaklığının gündüz saatlerinde aşırı yükselmesini önlemek bakımından gereklidir. Isı depolama özelliği, yapı bileşeninin kütlesi ve yapıldığı malzemenin özgül ısısı ile doğru orantılıdır.

1.1 Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler aşağıda açıklanmıştır:

- **Bina özellikleri:** İletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları (varsa ısı geri kazanımı) ve ısıl kapasite,

- **Isıtma sisteminin karakteristikleri:** Özellikle kontrol sistemleri ve ısıtma sisteminin, ısıtma enerjisi ihtiyacındaki değişmelere cevap verme süresi,

- **İç iklim şartları:** Binayı kullananların istediği sıcaklık değeri, binanın farklı bölümlerinde ve günün farklı zamanlarında bu sıcaklık değerlerindeki değişmeler,
- **Dış iklim şartları:** Dış hava sıcaklığı, hakim rüzgârın yönü ve şiddeti,

- **İç ısı kazanç kaynakları:** Isıtma sistemi dışında, ısıtmaya katkısı olan iç ısı kaynakları, yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma gibi amaçlarla kullanılan ve ortama ısı yayan çeşitli cihazlar ve insanlar,

- **Güneş enerjisi:** Pencere gibi saydam bina elemanlarından ısıtılan mekâna doğrudan ulaşan güneş enerjisi miktarı.

Bu standardda belirtilen hesap metodunda, iletim, taşınım ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kayıpları ile iç ısı kazançları ve güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır.

Bu standardda, yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak su buharının gaz hâlinden sıvı hâle geçmesi, yani yoğuşması ihtimali olduğundan malzemelerin ısıl iletkenlik değerlerindeki kötüleşme Ek F'de tanımlanan metodla tahkik edilmeli, yoğuşma varsa, Ek F ve Madde 2.5.7'de tanımlanan sınırların içerisinde kalmalıdır.

Isıtma enerjisi ihtiyacı ile, ısıtma sisteminin net çıktısı kastedilmektedir. Isıtma sisteminin dönüşüm verimi 1,00 'den küçük olacağı ve dağıtım sırasında bir miktar ısı kayıpları meydana gelebileceği için, sistemin enerji girdisi bu değerden büyüktür.

Hesap metodunda net iç ısı kazançları ve net güneş enerjisi kazançları dikkate alınmıştır. Bu sebeple kazançların toplamı, "ısı kazancı kullanım faktörü" ile çarpılır.

1.2 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değerleri

Bu standard, Madde 1.1'deki etkenlerin hesaba katılmasıyla binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplandığı bir metod belirlemektedir. Bu metodla hesaplanan binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $A_{top}/V_{brüt}$ oranına göre; Madde A.1 ve Madde A.2'de verilen değerleri aşmamalıdır.

Yeni binaların tasarımı aşamasında, bu standardda verilen hesap metodu kullanılarak, binanın enerji ihtiyacı bu standardda verilen sınırları aşmayacak şekilde hesaplanmalı ve malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve ayrıntılı çözümlerinin de belirtildiği bir ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Özel durum 1 :

Belediye ve mücavir alan sınırları dışında köy nüfusuna kayıtlı ve köyde sürekli oturanların dışında köy yerleşik alanları civarında ve mezralarda 2 kat'a kadar olan ve toplam döşeme alanı 100 m^2'den küçük (dış havaya açık balkon, teras, merdiven, geçit, aydınlık vb. hariç) yeni binalardaki;

a) Yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik katsayılarının (U), Madde A.3'te belirtilen yapı bileşenlerine ait U değerlerine eşit veya daha küçük olması,
b) Toplam pencere alanının, ısı kaybeden dış duvar alanının %12'sine eşit veya daha küçük olması,
c) Bu şartları sağlayan konstrüksiyonlar ve ayrıntıların mimari projede gösterilmesi,

hâlinde “ısı yalıtım projesi” yapılması şartı aranmaz. Bu durumda yukarıdaki şartların sağladığını gösteren bir “ısı yalıtım raporu” düzenlenmesi yeterli olacaktır. Ancak, herhangi bir “U” değerinin Ek A.3’te verilen değerlerden daha büyük olması durumunda ise bu standardda verilen hesap metodu kullanılarak hesaplamalar yapılmalı, $Q_{yıl}$ değerinin Madde A.1 ve Madde A.2’de verilen Q^{l} değerinden daha küçük olduğu ispatlanmalı ve ısı yalıtım projesi hazırlanmalıdır.

Mevcut binalarda yapılacak olan esaslı tamir, tadil ve eklemelerde, bu standardda tavsiye edilen değer olarak verilen ısıl geçirgenlik katsayıları (U), mevcut binada uygulama yapılacak olan bölümler için sınır değer olarak kabul edilmelidir. Yalıtım uygulaması ile ilgili malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve ayrıntılı çözümlerini içeren bir ısı yalıtım raporu hazırlanarak belirtilmelidir.

Özel durum 2 :

Isı kaybeden düşey dış yüzeylerinin toplam alanının % 60’ı ve üzerindeki oranlarda camlama yapılan binalarda pencere sisteminin ısıl geçirgenlik katsayısının (U_p) 2,1 W/m^{2}K olacak şekilde tasarımlanması ve diğer ısı kaybeden bölümlerinin ısıl geçirgenlik katsayılarının Madde A.3’te verilen değerlerden % 25 daha küçük olmasının sağlanması durumunda bu binalar standarda uygun olarak kabul edilir.

Söz konusu binalar için ısı yalıtım projesi ve hesaplamalar aynen yapılacak olup, bu hesaplamalar içerisinde yukarıdaki belirtilen şartların yerine getirildiği ayrıca gösterilmelidir. Bununla birlikte, yaz aylarındaki istenmeyen güneş enerjisi kazançlarının da tasarım sırasında dikkate alınması uygun olur.

1.3 Özel hükümler

- Çok katlı olarak inşa edilecek olan binaların bağımsız ara döşemeleri ile komşu duvarları ısıtılmayan iç hacimlere bitişik taban ve duvar gibi düşünülerek, R direnci en az 0,8 m^2.K/W olacak şekilde hesaplanmalı ve yalıtılmalıdır. Bu hesaplama, binanın iç ısı alışverişi kapsamında değerlendirileceğinden ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında dikkate alınmaz.

- Isı yalıtım hesabı yapılan yeni binalarda; ısıtılan hacimleri ayıran duvar, döşeme ve/veya taban ile tavan ve/veya çatılar için alınacak U değerlerinden herhangi biri veya birkaçının Madde A.3’te tavsiye edilen değerlerden % 25 daha büyük olması durumunda, diğer U değerlerinden biri ya da bir kaçı için seçilecek değer/değerler standardda tavsiye edilen değerin/değerlerin % 25’inden daha düşük olmamalıdır. Bu durum tavsiye edilen değerlerin % 25’inden daha düşük değerlerin seçilerek uygulanması için bir engel değildir. Ancak bu paragrafta belirtilen özel durum nedeniyle, binanın ısı kaybeden söz konusu yapı bileşenlerinden herhangi birinin veya bir kaçının tavsiye edilen değerin/değerlerin % 25’inden daha düşük olarak uygulanması durumunda bile, standardda verilen hesaplama metodu içerisinde kullanılacak olan değer için, tavsiye edilen değere göre % 25 oranında düşük olarak tasarımlandığı varsayılarak hesaplamaya yansıtılmalıdır.

- Merkezi sistemle ısıtılan binalardaki sıcak akışkanı ileten ana dağıtım (tesisat) boruları, ekonomik yalıtım kalınlığı hesaplanarak uygun şekilde yalıtılmalıdır.

- Kolon kalınlıklarının (d) hesaplanmasında kolonun bağlı bulunduğu kiriş ile birleştiği yerdeki betonarme kiriş kalınlığı aynı zamanda kolon kalınlığı olarak alınacak olup, kolon kalınlığının kiriş kalınlığından daha fazla olması dikkate alınmaz.

- Dış yüzeylerde yer alan bütün betonarme elemanlar (kolon, kiriş, hatıl ve perde duvar vb.) mutlaka yalıtılmalıdır.

2 Hesap metodu

2.1 Temel bilgiler

2.1.1 Isıl geçirgenlik direncinin (R) hesaplanması

2.1.1.1 Tek tabakalı yapı bileşenleri

Isıl geçirgenlik direnci (R) eşitlik 1'de belirtildiği gibi, yapı bileşeninin kalınlık (d) değerinin, ısıl iletkenlik hesap değerine (λ_h) bölünmesi ile hesaplanır. "λ_h" değerleri Ek E'de liste hâlinde verilmiştir.

$$R = \frac{d}{\lambda_h} \quad \text{.....(1)}$$

Burada;
R : Isıl geçirgenlik direnci (m^2.K/W),
d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),
λ_h : Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K)
dir.

2.1.1.2 Çok tabakalı yapı bileşenleri

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde ısıl geçirgenlik direnci (R), tek tek yapı elemanı kalınlıkları (d_1,d_2....d_n) ve bu yapı elemanlarının, ısıl iletkenlik hesap değerleri (λ_{h1},λ_{h2}...λ_{hn}) kullanılarak eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \cdots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} \quad \text{.....(2)}$$

2.1.2 Toplam ısıl geçirgenlik direncinin (1/U) hesaplanması

Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci (1/U), yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik dirençlerine (R), yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri (R_i, R_e) eklenerek eşitlik 3'e göre hesaplanır.

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e \quad \text{.....(3)}$$

Burada;
1/ U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik direnci (m^2.K/W),
R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci (m^2.K/W),
R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletim direnci (m^2.K/W)
dir.

2.1.3 Toplam ısıl geçirgenlik katsayısının (U) hesaplanması

2.1.3.1 Tek tabakalı ve çok tabakalı yapı bileşenleri

Bir yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U), eşitlik 3'teki denklemin aritmetik tersi alınarak eşitlik 4'e göre hesaplanır.

$$U = \frac{1}{R_i + R + R_e} \quad \text{.....(4)}$$

Burada ;
U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (W/m^2.K)'dır.

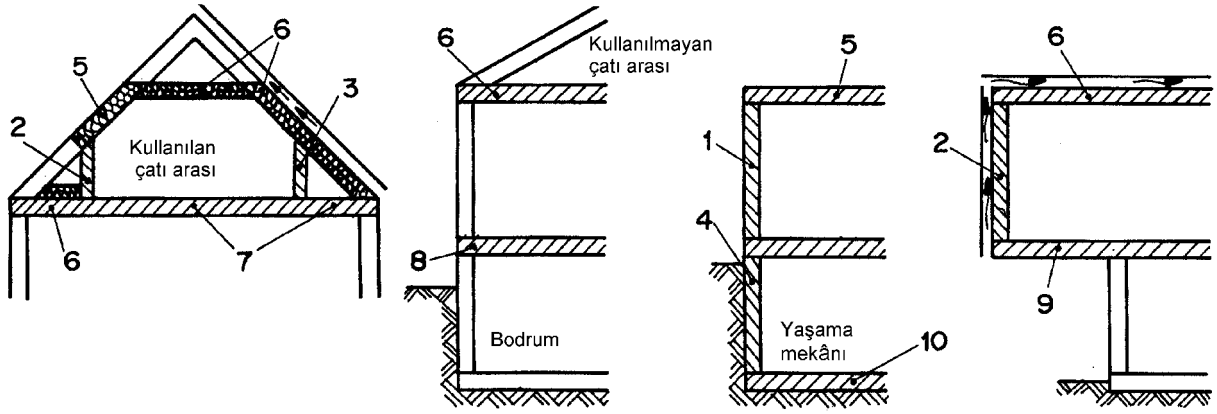
2.1.4 Yüzeysel ısıl iletim direnci (taşınım)

Yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri için, Çizelge 1'de verilen R_i ve R_e değerleri kullanılmalıdır.

Çizelge 1 - Hesaplanmış yüzeysel ısıl iletim (taşınım) direnç değerleri

Sıra No	**Yapı bileşeni tipi[3)]**	**Yüzeysel ısıl iletim direnci [1) 2)]**	
		R_i (m^2K / W)	R_e (m^2K / W)
1	Dış duvar (Sıra no 2 ‘de verilenin dışındaki dış duvarlar)	0,13	0,04
2	Arkadan havalandırılan giydirme cepheli[4)] dış duvarlar, ısı yalıtımı yapılmayan tavan arasını ayıran alçak duvarlar		0,08
3	Daireler arasındaki ayırıcı duvarlar, merdiven duvarı, farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran duvarlar, sürekli olarak ısıtılmayan mekânlara bitişik bölme duvarı, ısı yalıtımlı tavan arasına bitişik alçak duvar		[5)]
4	Toprak temaslı dış duvar		0
5	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan yatay veya eğimli, yukarıda yer alan (havalandırılmayan çatı) tavan veya çatı	0,13	0,04
6	Kullanılmayan bir tavan arası veya havalandırılan bir mekân altındaki tavan (havalandırılan çatı kabuğu)		0,08
7	Daireler arası ayırıcı taban veya farklı kullanım amaçlı çalışma odalarını ayıran taban		
7.1	Aşağıdan yukarıya ısı akışı olması hâlinde	0,13	[5)]
7.2	Yukarıdan aşağıya ısı akışı olması hâlinde	0,17	
8	Bodrum tavanı	0,17	[5)]
9	Bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanları		0,04
10	Altında bodrum olmayan bir yaşama mekânının zemine oturan tabanı		0

1) Basitleştirmek amacıyla bütün durumlarda R_i =0,13 m^2K/W ve 4 ve 10’uncu sıradaki durumlar hariç olmak üzere R_e = 0,04 m^2K/W değerleri hesaplamalarda kullanılabilir.
2) Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması ile ilgili hesaplamalarda kullanılacak olan iç ve dış yüzeysel ısıl iletim direnci için Madde 2.4.6’ya bakınız.
3) Yapı bileşenlerinin bina üzerindeki konumları için Şekil 1 ‘e bakınız.
4) Hava boşluklu sandviç duvarlarda Sıra no 1 ‘de verilen değerler kullanılır.
5) Yapı bileşeninin iç mekânda yer alması durumunda, hesaplamalarda iç ve dış yüzey ısıl iletim direnç değerleri aynı kabul edilmelidir.



Şekil 1 - Yapı bileşenlerinin tasarım ve yerleşimi (numaralar Çizelge 1’deki sıra numaralarına göre verilmiştir)

2.1.5 Asmolen ve benzeri boşluklu bitişik yüzeyli yapı bileşenleri

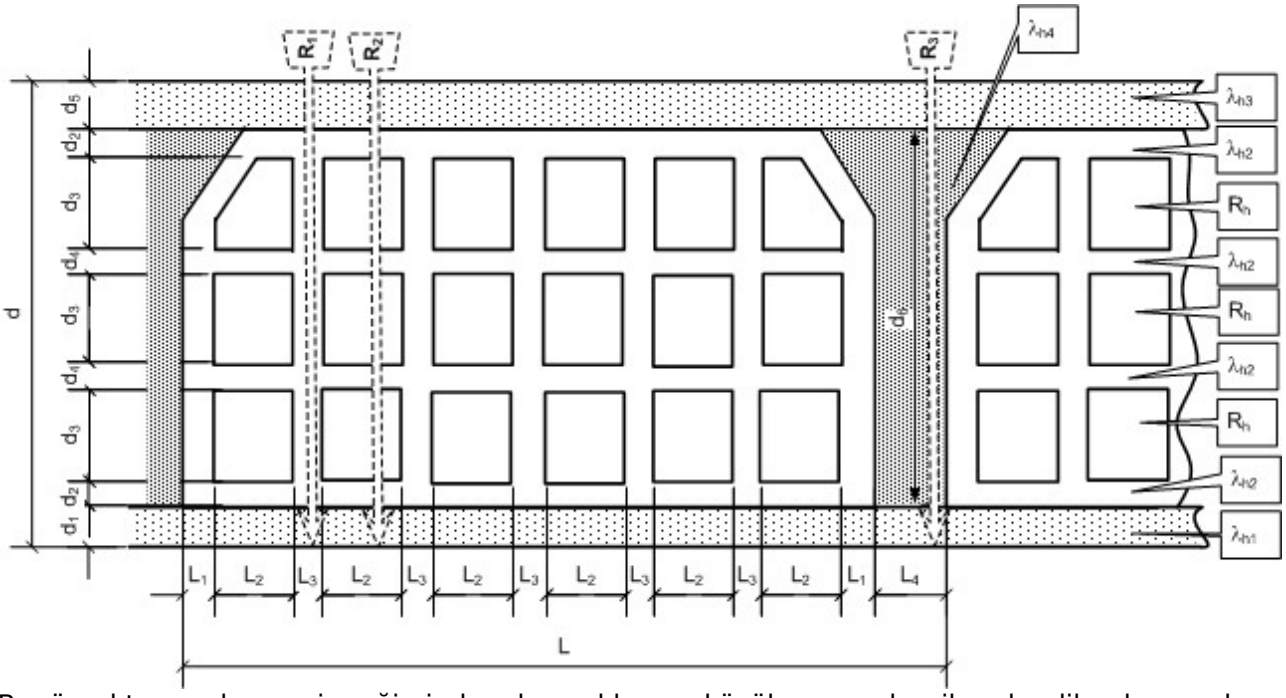
Farklı ısıl geçirgenlik dirençlerine sahip bir kaç bitişik tabakadan oluşan bir yapı bileşeni söz konusu olduğunda, daha kesin bir doğrulama gerçekleştirilmedikçe, ortalama ısıl geçirgenlik direnci (R), yapı elemanlarının uzunluk oranlarına göre (L_1/L, L_2/L,.....L_n/L) eşitlik 5 kullanılarak hesaplanır.

Önemli Not : Bu tür malzemeler için yoğuşma tahkiki hesaplamaları (Ek F) yapılırken, aşağıdaki 5 no'lu eşitliğe göre hesaplanan ortalama ısıl geçirgenlik direnci kullanılamaz. Bu durumda 1 no'u eşitliğe göre bulunan $R_1, R_2, R_3 \ldots R_n$ dirençlerinden en küçük olanı dikkate alınmalı ve hesaba katılmalıdır.

$$R = R_1 \cdot \frac{L_1}{L} + R_2 \cdot \frac{L_2}{L} + \cdots + R_n \frac{L_n}{L} \quad \text{.....(5)}$$

Burada ;
R : Isıl geçirgenlik direnci (m^2.K/W),
L : Yapı elemanlarının toplam uzunluğu (m),
$L_1 \ldots L_n$: 1'den n'ye kadar olan yapı elemanlarının uzunluğu (m),
$(L_1 \ldots L_n)/L$: Uzunluk oranı (birimsiz)
dır.

Örnek :



Bu örnekte, malzemenin eğiminden kaynaklanan küçük sapmalar ihmal edilerek meydana gelen 3 farklı ısıl geçirgenlik direnci aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_6}{\lambda_{h2}} + \frac{d_5}{\lambda_{h3}} \qquad R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{2.d_2 + 2.d_4}{\lambda_{h2}} + 3.R_h + \frac{d_5}{\lambda_{h3}} \qquad R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_6}{\lambda_{h4}} + \frac{d_5}{\lambda_{h3}}$$

Isıtma enerjisi hesabında kullanılacak olan yapı elemanının ortalama ısıl geçirgenlik direnci,

$R = R_1.\frac{2.L_1 + 5L_3}{L} + R_2.\frac{6.L_2}{L} + R_3.\frac{L_4}{L}$ eşitliği ile eldilir. Yoğuşma tahkiki hesaplamalarında

en küçük ısıl geçirgenlik direnci (bu örnekte R_3) kullanılmalıdır.

Birkaç bitişik tabakadan oluşan bir yapı bileşeninin ortalama ısıl geçirgenlik direnci (R), 4 no'lu eşitlikden alınan toplam ısıl geçirgenlik katsayısı (U) ile, eşitlik 6'ya göre hesaplanır.

$$R = \frac{1}{U} - (R_i + R_e) \quad \text{.....(6)}$$

Çizelge 2 - Hava tabakalarının ısıl geçirgenlik direnci hesap değerleri

Hava tabakasının			
Sıra No	**Durumu**	**Kalınlığı (d)** mm	**Isıl iletkenlik direnci (R)** m^2K/W
1	Düşey	≤ 10	0,14
		11 – 20	0,16
		21 – 50	0,18
		51 – 100	0,17
		100 >	0,16
2	Yatay (ısı akışı aşağıdan yukarıya)	≤ 10	0,14
		11 – 20	0,15
		20 >	0,16
3	Yatay (ısı akışı yukarıdan aşağıya)	≤ 10	0,15
		11 – 20	0,18
		20 >	0,21

2.1.6 Yapı bileşeninin ısı kaybı hesabı

Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), eşitlik 7'ye göre hesaplanır.

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad \text{.....(7)}$$

Burada;

q : Isı akış yoğunluğu (W/m^2),
θ_i : İç ortam sıcaklığı (°C),
θ_e : Dış ortam sıcaklığı (°C),
U : Yapı bileşeninin toplam ısıl geçirgenlik katsayısı ($W/m^2.K$)
dır.

2.2 Genel bilgiler

Yeterli seviyede ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma periyodunda, iç ortamda belli bir iç sıcaklığı (θ_i) sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç kaynaklardan ve güneş enerjisinden sağlanır. Kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Aşağıda tanımlanan hesap metodu kullanılarak, ısıtma sisteminin iç ortama vermesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olarak tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç ısı kazançları çıkartılarak hesaplanır.

Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısıl performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Ayrıca, tasarımcıya, önerdiği tasarımın güneş enerjisinden faydalanma kapasitesini değerlendirme imkânı sağlayacaktır.

Hesap metodunda ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdan ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır. Eğer binanın tamamı aynı sıcaklığa kadar ısıtılıyorsa veya ortamlar arasındaki sıcaklık farkı 4 K 'den fazla değil ise, binanın tamamı için ortalama bir iç sıcaklık değeri hesaplanarak bina tek hacimli olarak ele alınır ve ısıtma enerjisi ihtiyacı Madde 2.2.1'de açıklanan metod uygulanarak hesaplanır. Aksi takdirde farklı ısıtma bölgelerinin sınırları belirlenmeli ve hesaplar Madde 2.2.2'ye göre yapılmalıdır. Bu standardda değişik bina tipleri için ısıtma enerjisi ihtiyacında kullanılacak olan ortalama iç sıcaklıklar Ek B, Madde B.1'de verilmiş olup, bina içindeki bölümler (banyo, mutfak, ofis, vb.) ortalama sıcaklık hesabında dikkate alınmaz.

2.2.1 Tek hacimli bina için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı

Binalarda tek bina bölümü için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} \quad \text{.....(8)}$$

$$Q_{ay} = \lfloor H(\theta_i - \theta_e) - \eta_{ay}(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) \rfloor \cdot t \quad \text{..... (9)}$$

Burada;
$Q_{yıl}$: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ..... (Joule),
Q_{ay} : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı ..... (Joule),
H : Binanın özgül ısı kaybı ..... (W/K),
θ_i : Aylık ortalama iç sıcaklık ..... (°C),
θ_e : Aylık ortalama dış sıcaklık ..... (°C),
η_{ay} : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü. (birimsiz),
$\phi_{i,ay}$: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınabilir).... (W),
$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı..... (W),
t : Zaman, (saniye olarak bir ay = 86400 x 30).... (s)
dir.

Not - 9 no'lu eşitlikte köşeli parantez içindeki ifadenin pozitif olduğu aylar için toplama yapılacaktır. Negatif olan aylar dikkate alınmaz.

Hesaplamalar aşağıda verilen işlem sırasına göre yapılmalıdır:
a) Isıtılan ortamın sınırları ve gerekli ise farklı sıcaklıktaki bölgelerin veya ısıtılmayan ortamların sınırları belirlenir.
b) Tek hacimli bir binada, binanın özgül ısı kaybı (H) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.1).
c) Aylık ortalama iç sıcaklıklar (θ_i) Ek B, Madde B.1'den alınmalıdır.
d) Aylık ortalama dış sıcaklıklar (θ_e) Ek B, Madde B.2'den alınmalıdır.
e) Aylık iletim ve havalandırma ile ısı kaybı "[H(θ_i-θ_e)]" eşitliği kullanılarak hesaplanmalıdır.
f) Aylık ortalama iç kazançlar ($\phi_{i,ay}$) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.2).
g) Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\phi_{s,ay}$) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.3). Hesap sırasında kullanılacak ($I_{i,ay}$) değerleri Ek C'den alınmalıdır.
h) Aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak aylık kazanç/kayıp oranı (KKO) ve ısı kazancı yararlanma faktörü (η_{ay}) hesaplanmalıdır (Madde 2.2.1.4).
i) Aylık ortalama değerler kullanılarak, "[η_{ay} ($\phi_{i,ay}$ + $\phi_{s,ay}$)]"eşitliği ile faydalı kazançlar "W" cinsinden hesaplanmalıdır
j) Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı eşitlik (9) 'a göre hesaplanmalıdır.
k) Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı eşitlik (8) 'e göre hesaplanmalıdır.

Isıtılan binanın bölümlerinde farklı sıcaklıklar isteniyorsa, hesap Madde 2.2.3'te verilen metodlardan birine göre yapılmalıdır.

2.2.1.1 Binanın özgül ısı kaybının hesabı

Binanın özgül ısı kaybı (H), iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H_v) toplanması ile bulunur.

$$H = H_T + H_v \quad \text{.....(10)}$$

2.2.1.1.1 İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (11) no'lu eşitlikle hesaplanır. Bu eşitlikde yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre bileşimi değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür.

$$H_T = \Sigma\, AU + l\, U_l \quad \text{.....(11)}$$

$$\Sigma\, AU = U_D A_D + U_p.A_p + U_k.A_k + 0.8\, U_T.A_T + 0.5\, U_t A_t + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds} \quad \text{.....(12)}$$

Burada;
U_D : Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
U_P : Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
U_k : Dış kapının ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
U_T : Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
U_t : Zemine oturan tabanın /döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
U_d : Dış hava ile temas eden tabanın ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
U_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayısı..... W/m^2K,
A_D : Dış duvarın alanı..... m^2,

A_P : Pencerenin alanı..... m^2,
A_k : Dış kapının alanı..... m^2,
A_T : Tavan alanı..... m^2,
A_t : Zemine oturan taban/döşeme alanı..... m^2,
A_d : Dış hava ile temas eden tabanın/döşemenin alanı..... m^2,
A_{ds} : Düşük sıcaklıklardaki iç ortamlar ile temas eden yapı elemanlarının alanı... m^2
dır.

UYARI : Çatı döşemesi doğrudan dış hava ile temas ediyorsa, eşitlikte yer alan U_T'nin önündeki 0,8 katsayısı 1 olarak alınır.

U değerinin hesaplanması Madde 2.1'de belirtilen hesap metodu ile yapılır. Hesap yapılırken kullanılması gereken ve malzemelerin ısıl iletkenliğini gösteren λ_h değerleri Ek E'de milli veya milletler arası standardları olan malzemeler için verilmiştir.

(11) no'lu eşitlikde "l", ısı köprüsü uzunluğunu (m cinsinden) "U_l", ısı köprüsünün doğrusal geçirgenliğini (W/mK cinsinden) göstermektedir.

(Değişik:RG-17/7/2009-27291) Isı köprüsü olması durumunda ilgili büyüklükler TS EN ISO 10211-1, TS EN ISO 10211-2 ve TS EN ISO 14683+AC'ye göre veya TS EN ISO 6946'da verilen metot ile hesaplanmalıdır.

Not - Doğrudan ısıl geçirgenlik katsayısının; $\Psi_{i,e}$ <0,1 W/m.K olarak hesaplandığı ayrıntılı durumlarda, ısı köprülerinin etkisi ihmal edilebilir. Bu durumda 11 no'lu eşitlikde "U_l" değeri "sıfır" olarak alınır.

2.2.1.1.2 Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının hesabı

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (13) no'lu eşitlik ile hesaplanır.

$$H_v = \rho.c.V^l \quad \text{.....(13)}$$

Doğal havalandırma :

$$H_v = \rho.c.V^l = \rho.c.n_h\ V_h = 0.33\ n_h.V_h$$

Burada;
ρ : Havanın birim hacim kütlesi..... (kg/m^3),
c : Havanın özgül ısısı ..... (J/kgK),
V^l : Hacimce hava değişim debisi..... (m^3/h),
n_h : Hava değişim oranı ..... (h^{-1}),
V_h : Havalandırılan hacim ($Vh = 0,8 \times V_{brüt}$) ..... (m^3)
dir.

"ρ" ve "c" sıcaklık ve basınca bağlı olarak az da olsa değişir, fakat aşağıdaki denklemde bu durum ihmal edilmiştir. Alınan değerler 20 °C ve 100 kPa içindir. Giren ve çıkan hava arasındaki entalpi artışı ihmal edilmiştir. 0,33 katsayısının hesabında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$0,33 = (\rho.c/3600) = (1,184 \text{ . } 1006 / 3600) = 0,33\ Jh/m^3Ks = Wh/m^3K$$

Doğal havalandırma yapılan binalarda havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesabında havalandırma sayısı "n_h" değeri 0,8 (h^{-1}) olarak alınır.

Mekanik havalandırma :
Binada mekanik havalandırma uygulanıyorsa, hacimce hava değişim debisi aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak hesaplanır ve 13 nolu eşitlikte yerine konularak havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplanır.

Hacimce toplam hava değişim debisi, sistem vantilâtörleri çalışırken vantilâtörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi ile, hava sızıntısı ile oluşan ilâve hacimce hava değişim debisinin toplamına eşittir:

$$V^l = V_f + V_x \quad \text{.....(14)}$$

Burada;
V^{l} : Hacimce toplam hava değişim debisi (m^3/h),
V_f : Sistem vantilâtörleri çalışırken vantilâtörlerdeki ortalama hacimce hava değişim debisi (m^3/h),
V_x : Hava sızıntısı ile oluşan ilâve hacimce hava değişim debisi (m^3/h)
dir.

Sistem sürekli ve kararlı hâlde çalışıyorsa ; hacimce hava değişim debisi (V_f) , taze hava giriş debisi (V_S) ile çıkış debisinden (V_E)'den büyük olana eşit alınır. "V_x" in yaklaşık olarak hesaplanması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır:

$$V_x = \frac{V_h \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \cdot \left[\frac{V_S - V_E}{V_h \cdot n_{50}} \right]^2} \quad \text{.....(15)}$$

Burada;
V_h : Havalandırılan hacim (m^3),
n_{50} : İç ve dış ortamlar arasında 50 Pa basınç farkı varken hava değişim oranı (Çizelge 3'ten alınır),
f : Binada dış ortama açık bir yüzey varsa 15, birden fazla yüzey varsa 20 alınır,
e : Çizelge 4 'ten alınacak katsayı,
V_s : Dış ortamdan alınan taze hava giriş debisi (m^3/h),
V_E : Hava çıkış debisi (m^3/h)
dir.

Çizelge 3 - İç ve dış ortamlar arasında 50 Pascal basınç farkı varken, oluşan hava değişim oranı

Katta çok daireli binalar	**Katta tek daireli binalar**	**Bina zarfının sızdırmazlık durumu**
$n_{50} < 2$	$n_{50} < 4$	Yüksek
$2 \le n_{50} \le 5$	$4 \le n_{50} \le 10$	Orta
$5 < n_{50}$	$10 < n_{50}$	Düşük

Çizelge 4 - Bina sınıfı ve "e" değerleri

Bina sınıfı	**"e" değeri**	
	Birden fazla dışa açık yüzey	**Dışa açık bir yüzey**
Açık alandaki binalar veya şehir içindeki 10 kattan daha yüksek binalar	0,10	0,03
Kırsal alandaki binalar	0,07	0,02
Şehir merkezlerindeki 10 kattan daha az katlı binalar	0,04	0,01

Binadaki havalandırma sistemi zaman zaman kapatılıyorsa ; hacimce hava değişim debisi için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$V^{l} = V_0 (1-\beta) + (V_f + V_x).\beta$$

Burada;
V_0 : Vantilâtörlerin çalışmadığı durum için hacimce hava değişim debisi,
β : Vantilâtörlerin çalıştığı zaman oranı
dır.

Mekanik sistem farklı “V_f” ‘ler için tasarlanmışsa, “V_f” olarak ortalama değer kullanılır.

Mekanik havalandırma sistemi dışarı atılan havadaki ısı enerjisi ortama gönderilen havanın ön ısıtmasını sağlamak amacıyla kullanılacak bir ısı değiştiricisine (eşanjörüne) ve geri kazanım sistemine sahip ise; mekanik havalandırma ile meydana gelecek ısı kayıplarının hesaplanmasında bir azaltma faktörünün kullanılması gerekir. Bu amaçla hacimce hava değişim debisinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$V^{l} = V_f\,(1-\eta_v) + V_x$$

Burada;
η_v : Havadan havaya ısı geri kazanım sisteminin verimidir.
Yukarıdaki eşitlik, ısı geri kazanım sistemi dışarı atılan havadan alınan ısı enerjisini, sıcak su sistemine veya ısı pompası gibi bir başka sistem aracılığıyla ısıtma sistemine iletiyorsa kullanılmaz. Bu durumlarda azaltma, ilgili sistemin enerji tüketiminin hesaplanması sırasında dikkate alınmalıdır.

Not - Mekanik havalandırma tesisatı ve havalandırma ihtiyacı ile ilgili hesaplamalar yapılırken gerekli olan bina kabuğuna ait ısıl geçirgenlik katsayıları için hesaplanmış kesin değerler olmadığında Madde A.3’te verilen U değerleri kullanılır.

2.2.1.2 Aylık ortalama iç kazançlar ($\phi_{i,ay}$)

İç kazançlar aşağıda verilenleri kapsar:

- İnsanlardan kaynaklanan metabolik ısı kazançları,
- Sıcak su sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Yemek pişirme işleminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatma sisteminden kaynaklanan ısı kazançları,
- Binalarda kullanılan muhtelif elektrikli cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları.

Ortalama değerler ile çalışılması hâlinde, aydınlatma dışındaki ortalama değerler yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu standardda aydınlatmadan kaynaklanan kazançlar da sabit kabul edilmiştir ve her bir kaynak için alınacak değerler aşağıda verilmiştir.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı (büro binaları vb.) binalarda iç kazançlar olarak birim kullanım alanı başına en fazla 5 W/m^2 alınırken; yemek fabrikaları gibi pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştırılan binalarda (aydınlatmanın sadece elektrikle sağlandığı binalar, tekstil atölyeleri, vb.) veya etrafa ısı veren sanayi cihazların kullanıldığı binalarda, iç kazançlar için birim döşeme alanı başına en fazla 10 W/m^2 değeri alınır.

Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı binalarda .$\phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n$ (W)
Yüksek iç enerji kazançlı binalarda.....$\phi_{i,ay} \leq 10 \times A_n$ (W)

A_n : Bina kullanım alanı (m^2)

$A_n = 0{,}32 \times V_{brüt}$.....(16)

$V_{brüt}$: Binanın ısıtılan brüt hacmi (m^3)

2.2.1.3 Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\phi_{s,ay}$)

Bu madde pencerelerden sağlanan doğrudan güneş ışınımının hesaplanmasını tarif etmektedir. Pasif güneş enerjisi sistemlerinden sağlanacak kazançlar ihmal edilmiştir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazançları ($\phi_{s,ay}$); TS EN 832’de verilen ayrıntılı hesaplama metodu uygulanarak hesaplanabileceği gibi, binanın durumuna bağlı olarak Çizelge 5’te verilen gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$) değerleri doğrudan alınıp 17 no’lu eşitlik kullanılarak da hesaplanabilir.

Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı ($\phi_{s,ay}$) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$\phi_{s,ay} = \Sigma\, r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$ .....(17)

Burada;
$r_{i,ay}$: “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,
$g_{i,ay}$: “i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,
$I_{i,ay}$: “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti (W/m^2),
A_i : “i” yönündeki toplam pencere alanı (m^2)
dır.

$I_{i,ay}$ değerleri Ek C’den alınır.

Çizelge 5 - Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ($r_{i,ay}$)

	$r_{i,ay}$
Ayrık (müstakil) ve/veya az katlı (3 kata kadar) binaların bulunduğu yönlerde	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

Güneş enerjisi geçirme faktörü :

$g_{i,ay} = F_w.g_{\perp}$ .....(18)

Burada;
F_w : Camlar için düzeltme faktörüdür. Fw = 0,8 alınır
$g_{\perp}$: Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörüdür.

Ölçü değerlerinin olmaması durumunda "$g_{\perp}$" için aşağıdaki değerlerler kullanılabilir.

Çizelge 6 - Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü

Cam türü	$g_{\perp}$
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
* Isıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m^{2}K'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,50

* Isıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m^{2}K'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için imalatçı firma tarafından belgelendirilmiş geçirme faktörü ($g_{\perp}$) varsa, beyan edilen bu değer alınarak hesaba katılır.

2.2.1.4 Kazanç kullanım faktörü (η)

İç kazançlar ve güneş enerjisi kazançlarının toplamının, ısıtma enerjisi ihtiyacının azaltılması açısından faydalı enerji olarak kabul edilmesi her zaman uygun olmaz. Çünkü ısı kazançlarının yüksek olduğu sürelerde, kazançlar anlık kayıplardan fazla olabilir veya kazançlar ısıtmanın gerekmediği zamanlarda gelebilir. İç ortam sıcaklık kontrol sistemi mükemmel değildir ve yapı elemanlarının bünyesinde bir miktar ısı depolanır. Bu nedenle iç kazançlar ve güneş enerjisi kazançları bir yararlanma faktörü ile azaltılır; bu faktörün büyüklüğü, kazançların ve kayıpların bağıl büyüklüğüne ve binanın ısıl kütlesine bağlıdır.

Aylık ortalama kazanç kullanım faktörü, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO\ ay)}$ .....(19)
Burada;
KKO_{ay} Kazanç / kayıp oranı olup, aşağıda verildiği gibi hesaplanmalıdır.

$KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$ .....(20)

Burada;
$\theta_{i,ay}$: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı [Ek B, Madde B.1'den alınır(°C)],
$\theta_{e,ay}$: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı [Ek B, Madde B.2'den alınır(°C)],
$\phi_{i,ay}$: Aylık iç kazançlar [Madde 2.2.1.2'ye göre hesaplanır (W)],
$\phi_{s,ay}$: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı [Madde 2.2.1.3 'e göre hesaplanır (W)]
dır.

KKO_{ay} oranı 2,5 ve üzerinde olduğunda o ay için ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

2.2.2 Birden fazla hacimli bina için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı

Binadaki farklı amaçlar için kullanılan birimler içerisinde sıcaklık farkı 4 K'den büyük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölümlerinin sınırları belirlenerek tek hacimli bina için verilen hesap metodu, farklı sıcaklıktaki her bina bölümü için ayrı ayrı uygulanmalı ve her bina hacmi için hesaplanan ısıtma enerjisi ihtiyacı toplanmalıdır.

2.2.3 Ortalama sıcaklık kullanılarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesabı

Binadaki farklı amaçlar için kullanılan birimler içerisindeki sıcaklık farkı 4 K'e eşit ya da daha küçük ortamlar mevcut ise, farklı ısıtma bölümlerinin sınırları belirlenerek Madde 2.2.2'deki birden fazla hacimli bina için verilen hesap metodu uygulanabileceği gibi, bu binaların farklı amaçla kullanılan bölümlerinin iç sıcaklık değerleri ile özgül ısı kayıpları dikkate alınarak bulunacak ortalama iç sıcaklık değeri (eşitlik 21) tek hacimli bina için verilen hesap metodunda kullanılarak Madde 2.2.1'deki hesap metodu da uygulanabilir.

Farklı bina tipleri için ısıtma enerjisi ihtiyacında kullanılacak olan ortalama iç sıcaklıklar Madde B.1'de verilmiş olup, bina içindeki bölümler (banyo, mutfak, ofis, vb.) ortalama sıcaklık hesabında dikkate alınmaz.

Ortalama iç sıcaklık değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\theta_{i,ortalama} = \frac{\sum H_z \cdot \theta_{i,z}}{\sum H_z} = \frac{H_1 \cdot \theta_{i1} + H_2 \cdot \theta_{i2} + \cdots + H_z \cdot \theta_{iz}}{H_1 + H_2 + \cdots + H_z} \quad \text{.....(21)}$$

Burada;

$\theta_{i,ortalama}$: Bina bölümlerinin tamamı için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama iç sıcaklığı .. (°C),

θ_{i1}, θ_{i2} .....: Farklı sıcaklıktaki her bir bina hacminin iç sıcaklığı..... (°C),

H_z : Binanın z hacmindeki bölümünün özgül ısı kaybı..... (W/K),

H_1,H_2 : Farklı sıcaklıktaki her bir bina hacminin özgül ısı kaybı..... (W/K)

dır.

3 Hesap raporu

3.1 Birimler

Bu standarda göre yapılacak hesaplarda ve raporun hazırlanmasında SI birimleri kullanılır. Buna göre sıcaklık K veya °C, enerji Joule ve güç Watt olarak belirtilmelidir. Toplam ısıl geçirgenlik değeri olan U ise W/m^{2}K birimi ile gösterilmelidir. Birimler arasındaki dönüşüm katsayıları aşağıda gösterilmiştir.

1 kCal	4,187	kJ
1 kCal	1,163 x 10^{-3}	kWh
1 kWh	860	kcal
1 kCal/m^{2}h°C	1,163	W/m^{2}K
1 m^{2}h°C/kCal	0,86	m^{2}K/W
1 kJ	0,278 x 10^{-3}	kWh

3.2 Hesap raporu

Bu standardın amacı, Madde 0.4'te belirtildiği gibi, binaların enerji verimliliklerinin artırılması amacıyla uzun ömürlü ve sağladığı enerji tasarrufu kalıcı olacak şekilde, binalarda ısı yalıtımının sağlanmasıdır. Bu amaçla sektörde mevcut yalıtım malzemelerinin ve tekniklerinin karşılaştırılarak o proje için en uygununun seçilebileceği bir hesap metodu önerilmiştir ve sonuç olarak bir ısı yalıtım projesi hazırlanması gerekmektedir. Bu projede, standardda belirtilen hesap metoduyla binanın enerji ihtiyacının bu standardda verilen sınır değerlerin altında kalmasını sağlayacak şekilde malzeme seçimi, eleman boyutlandırılması ve ayrıntılı çözümlerinin belirtilmesi gerekmektedir. Isıtılacak yapı hacmi ($V_{brüt}$) ile ve binanın kullanım alanı

(A_n) ile ilişkili olarak azami yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri ($A_{top}/V_{brüt}$) oranlarına bağlı olarak Madde A.2'de verilmiştir.

Binanın kullanım alanıyla (A_n) ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri (Q') sadece, temiz ölçüler verildiğinde oda yükseklikleri 2,60 m veya daha az olan binalarda kullanılabilecektir. Oda yüksekliklerinin 2,60 m'nin üzerinde olması durumunda ise ısıtılacak yapı hacmiyle ilişkili olarak verilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri (Q') göz önüne alınarak hesaplama yapılacaktır.

Isı yalıtımı projesinde aşağıdaki verilen bilgiler bulunmalıdır:

a) Isı kayıpları, ısı kazançları, kazanç/kayıp oranı, kazanç kullanım faktörü, aylık ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının büyüklükleri, bu standardda verilen "binanın özgül ısı kaybı" ve "yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı" çizelgelerindeki örneklerde olduğu gibi çizelgeler hâlinde verilmeli ve hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının (Q), Ek A'da verilen yıllık ısıtma enerjisi (Q^{l}) sınır değerinden büyük olmadığı gösterilmelidir.
b) Konutlar dışında farklı amaçlarla kullanılan binalarda yapılacak hesaplamalarda, binadaki farklı bölümler arasındaki sıcaklık farkı 4 K'den daha fazla ise bu binada birden fazla bölüm için yapılacak olan ısıtma enerjisi ihtiyacı hesabında, bina bölümlerin sınırları şematik olarak çizilmeli, sınırların ölçüleri ve bölümlerin sıcaklık değerleri üzerinde gösterilmelidir.
c) Binanın ısı kaybeden yüzeylerindeki dış duvar, tavan ve taban/döşemelerde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin eleman içindeki sıralanışı ve kalınlıkları, duvar, tavan ve taban/döşeme elemanlarının alanları ve "U" değerleri belirtilmelidir.
d) Pencere sistemlerinde kullanılan cam ve çerçevenin tipi, bütün yönler için ayrı ayrı pencere alanları ve "U" değerleri ile çerçeve sistemi için gerekli olan hava değişim oranı (n_h) belirtilmelidir.
e) Duvar-pencere, duvar-tavan, taban/döşeme-duvar birleşim yerlerinin detayları çizimlerle gösterilmelidir.
f) Havalandırma tipi belirtilmeli, mekanik havalandırma söz konusu ise, hesaplamalar ve sonuçları belirtilmelidir.
g) Binanın ısı kaybeden yüzeylerinde oluşabilecek yoğuşma, Ek F'de belirtildiği şekilde incelenerek gerekli çizim ve hesaplamalar yapılmalıdır.

HESAP ÖRNEKLERİ :

Örnek 1
3 'üncü derece gün bölgesinde bulunan ve dıştan dışa 9 m eninde, 10 m boyunda ve 5,5 m yüksekliğinde olan iki katlı yığma olarak inşaa edilmiş bir konut örnek alınarak Madde 2.2 'de belirtilen tek hacimli binaya örnek olarak yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Öncelikle binadaki dış duvar, pencere, tavan, taban/döşeme, dış ortamla temas eden döşeme alanı vb. alanlar hesaplanır. Örnek binamızda bu alanlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Pencere alanı, $A_P = 20\ m^2$

Betonarme alanı, A_{bet}= ((10 x 2 + 9 x 2)x(0,12 x 3)) = 13,7 m^2

Dış duvar alanı, A_D = (9 x 5,5 x 2 + 10 x 5,5 x 2) - A_P – A_{bet}

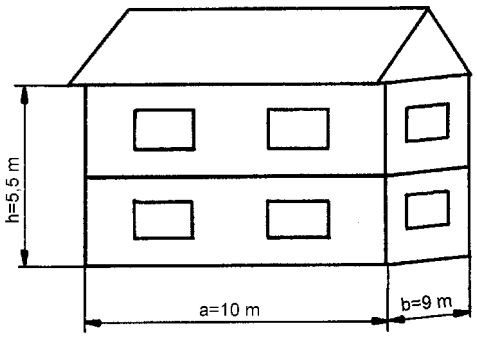
A_D = 173,3 m^2

Tavan alanı, A_T = 9 x 10 = 90 m^2

Döşeme alanı, A_t = 9 x 10 = 90 m^2 dir.

Dış kapı alanı, $A_k = 2\ m^2$

$A_{top} = 389\ m^2$, $V_{brüt} = 9 \times 10 \times 5,5 = 495\ m^3$
$A_n = 0,32 \times V_{brüt} = 0,32 \times 495 = 158,4\ m^2$



Şekil 2

Daha sonra yapı elemanlarının ayrı ayrı U değerleri hesaplanır. Örnek binamızda yalıtımın standarda uygun olması hedeflenmiştir. Duvarlarda tuğla ve betonarme üzerine dış taraftan λ= 0,035 W/mK olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 5 cm'dir. Pencereler çok katlı camdır. Tavanda λ = 0,040 W/mK olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 12 cm'dir. Döşemede λ = 0,030 W/mK olan yalıtım malzemesinin kalınlığı 6 cm'dir. Burada anlatılan hesaplamalar Çizelge 7 ve Çizelge 8'de

örnek olarak gösterilmiştir. Ayrıca elemanlarda yoğuşma olmayacak ve ısı köprüsü meydana gelmeyecek şekilde tedbirlerin alındığı kabul edilmiş olup, kat arası betonarme Madde 1.3'te belirtildiği şekilde R direnci 0,8 olacak şekilde yalıtılmıştır. Dolayısıyla yapı elemanlarının "U" değerleri belirtilen klâsik hesap metoduna göre,

U_D= 0,471 W/m^{2}K, U_{Dbet} = 0,575 W/m^{2}K, U_p= 2,4 W/m^{2}K, U_T= 0,305 W/m^{2}K, U_t=0,432 W/m^{2}K'dir.
U_k= 4 W/m^{2}K
Binadan iletim ve taşınım yoluyla olan ısı kaybı "H_T" ise 11 no'lu eşitliğe göre,

H_T = 173,3 x 0,471 + 13,7 x 0,575 + 20 x 2,4 + 0,8 x 90 x 0,305 + 0,5 x 90 x 0,432 + 2 x 4 = 186,9 W/K'dir.

Yukarıdaki iletimle olan ısı kaybı hesabı yapılırken, örnek olarak seçilen binada yönetmelik gereği bütün betonarme bölümler ısı köprüsü meydana getirmeyecek şekilde yalıtıldığından 11 no'lu eşitlikteki l x U_l katkısı ihmal edilmiştir.

Binadan havalandırma ile olan kayıplar için, mekanik havalandırma olmadığından 0,33.n_h.V_n eşitliği kullanılır. Doğal havalandırma olduğundan "n_h" = 0,8 h^{-1} alınır. Binanın havalandırma hesabında kullanılacak olan hacmi (V_h) ise 0,8 x $V_{brüt}$ = 0,8 x 495 = 396 m^3 bulunur.

Bu durumda;

H_v = 0,33 x 0,8 x 396 = 104,54 W/K'dir.

Dolayısıyla binanın özgül ısı kaybı (H);

H = H_T + H_v = 186,9 + 104,53 = 291,43 W/K'dir.

Bina konut olarak kullanılacağı için iç ısı kazançları 5 W/m^2 olarak alınabilir (Madde 2.2.2). Bu durumda örnek bina için iç kazançlar; A_n x 5 =158,4 x 5 = 792 W'tır.

Güneş enerjisi kazançlarının hesaplanması sırasında kullanılacak olan gölgelenme faktörü için, binanın 3 kattan daha az katlı ve etrafının açık olduğu kabul edilerek ve "$r_{i,ay}$" = 0,8 değeri seçilir (Çizelge 5).

"$g_{i,ay}$" değeri pencere sisteminde çok katlı cam kullanılmış olduğu için $g_\perp$ değeri olarak 0,75 (Çizelge 6) alınır ve $g_{i,ay}$ = F_w.$g_\perp$ eşitliği kullanılarak hesaplanır. Bu örnekte $g_{i,ay}$ = 0,80 x 0,75 = 0,60'dır.

"A_i" değerleri, yani her yön için toplam pencere alanları hesaplanır. Örnek olarak seçilen binada aşağıda verilen pencere alanları hesaplanmıştır.

$A_{güney}$ = 8 m^2, A_{kuzey} = 4 m^2, $A_{doğu}$ = 4 m^2, $A_{batı}$ = 4 m^2
"$I_{i,ay}$" değerleri ise her ay için Ek C'den alınır. Ocak ayı için örnek olmak üzere Ek C'den alınan aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri aşağıdaki gibidir.

$I_{güney,ocak}$ = 72 W/m^2
$I_{kuzey,ocak}$ = 26 W/m^2
$I_{batı/doğu,ocak}$ = 43 W/m^2

"$\phi_{s,ocak}$" değeri 16 no'lu eşitliğe göre aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$\phi_{s,ocak}$ = 0,8 x 0,6 x 72 x 8 + 0,8 x 0,6 x 26 x 4 + 0,8 x 0,6 x 43 x 4 + 0,8 x 0,6 x 43 x 4 = 492 W'tır.

Kazanç kullanım faktörünün hesaplanması için önce "KKO_{ocak}" 20 nolu eşitliğe göre hesaplanır. Bu eşitlikde gerekli olan "ϕ_l" ve "$\phi_{s,ocak}$" değerleri ile H değerleri daha önce hesaplanmış idi.

Bina konut olarak kullanılacağı için θ_i, Ek B.1'den 19°C alınır.

"$\theta_{e,ocak}$" ise Ek B.2'den alınır. Üçüncü derece gün bölgesi için bu değer -0,3 ℃'tur.

KKO_{ocak} = (792+492) / 291,44 x (19-(-0,3)) = 0,23

Kazanç kullanım faktörü "η_{ocak}" ise eşitlik 18'e göre;

η_{ocak} = 1 - $e^{-1/KKOocak}$ =1-$e^{-0,23}$= 0,99

olarak hesaplanır. Bu durumda Ocak ayı için ısı kazançları

η_{ocak} (ϕ_I + $\phi_{s,ocak}$) = 0,99 x (792 + 492) = 0,99 x 1284= 1271,2 W

olarak bulunur.

Bulunan değerler aşağıdaki eşitlikte yerlerine konulduğunda;

Q_{ay} = [H (θ_i - θ_e) - η ($\phi_{i,ay}$ + $\phi_{s,ay}$)] . t

Q_{ay} = [291,44 x (19 –(-0,3)) – 1271,2] x 86400 x 30 x 10^{-3}

Q_{ay} = 11.284.510 kJ

olarak bulunur.

Buraya kadar yapılan hesaplar her ay için tekrarlanarak toplam ısı kaybı bulunur ve karşılaştırma yapılarak standarda uygunluğu kontrol edilir. Bu hesaplamaların daha kolay takip edilebilmesi için Çizelge 7 (binanın özgül ısı kaybı) ve Çizelge 8 (yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı) örnek olarak verilmiştir.

Not - Hesap örneğinde dış ölçüleri verilen örnek binanın oda yüksekliği 2,60 m'den küçüktür.

Çizelge 7 - Binanın özgül ısı kaybı

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R, (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri	R_i [1])			0,130			
	Sıva [2])	0,02	1	0,02			
	DD taşıyıcı tuğla [3])	0,24	0,5	0,48			
	Isı yalıtım malzemesi[4])	0,05	0,035	1,429			
	Sıva [2])	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1])			0,040			
Toplam				2,122	0,471	173,3	81,62
Duvar yüzeyleri (betonarme)	R_i [1])			0,130			
	Sıva [2])	0,02	1	0,02			
	Betonarme [5])	0,24	2,5	0,096			
	Isı yalıtım malzemesi[4])	0,05	0,035	1,429			
	Sıva [2])	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1])			0,040			
Toplam				1,738	0,575	13,7	7,88
Tavan	R_i [1])			0,130			
	Sıva [2])	0,02	1	0,02			
	Betonarme [5])	0,12	2,5	0,048			
	Isı yalıtım malzemesi[4])	0,12	0,04	3,000			
	R_e [1])			0,080			
Toplam				3,278	0,305 x 0,8	90	21,96
Taban/ Döşeme	R_i [1])			0,170			
	PVC yer döşemesi [6])	0,005	0,23	0,022			
	Şap [7])	0,030	1,40	0,021			
	Isı yalıtım malzemesi[4])	0,060	0,03	2			
	Tesviye şapı [7])	0,020	1,40	0,014			
	Hafif beton [8])	0,100	1,10	0,091			
	R_e [1])			0			
Toplam				2,318	0,432 x 0,5	90	19,44
Dış kapı					4	2	8
Pencere					2,4	20	48
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							186,9

[1]) Çizelge 1 'den alınacaktır.
[2]) Ek E Sıra no 4'ten alınmıştır.
[3]) Ek E Sıra no 7'den alınmıştır.
[4]) Ek E Sıra no 10 'dan alınmıştır.
[5]) Ek E Sıra no 5'ten alınmıştır.
[6]) Ek E Sıra no 9'dan alınmıştır.
[7]) Ek E Sıra no 4'ten alınmıştır.
[8]) Ek E Sıra no 5'ten alınmıştır.

$\Sigma AU = U_D A_D + U_p.A_p + 0,8\ U_T.A_T + 0,5\ U_t A_t + U_d A_d + \ldots$.
$\Sigma AU = 186,9$ W/K
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + l\ U_l$

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_v = 0,33 . n_h . V_h = 0,33 \times 0,8 \times 396 = 104,54$ W/K

$$H = H_T + H_v = 186,9 + 104,54 = 291,44 \text{ W/K}$$

Çizelge 8 - Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_T+H_v$	$\theta_i-\theta_e$	$H(\theta_i-\theta_e)$	ϕ_i	ϕ_s	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$	γ	η_{ay}	Q_{ay}
	(W/K)	(K,°C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(-)	(-)	(kJ)
Ocak	291,44	19,3	5.625	792	492	1.284	0,23	0,99	11.285.153
Şubat		19,1	5.567		612	1.404	0,25	0,98	10.863.279
Mart		14,9	4.342		760	1.552	0,36	0,94	7.473.047
Nisan		8,9	2.594		791	1.583	0,61	0,81	3.400.108
Mayıs		4,6	1.341		943	1.735	1,29	0,54	1.047.427
Haziran		0,5	146		993	1.785	12,23	0	0
Temmuz		θ_e yüksek	0		966	1.758	0,00	0	0
Ağustos		θ_e yüksek	0		904	1.696	0,00	0	0
Eylül		1,8	525		762	1.554	2,96	0	0
Ekim		7,4	2.157		618	1.410	0,65	0,79	2.703.715
Kasım		13,4	3.905		467	1.259	0,32	0,96	6.988.965
Aralık		17,7	5.158		430	1.222	0,24	0,98	10.265.460

$Q_{ay} = [H\,(\theta_i - \theta_e) - \eta\,(\phi_{i,ay} + \phi_{g,ay})]\,.\,t$ (J) (1k J = 0.278 x 10^{-3} kWh)

$Q_{yıl} = \Sigma\, Q_{ay}$ = 54.027.154

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl}$ = 0,278 x 10^{-3} x 54.027.154 (kj) = 15.020 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5\,.\,A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{s,ay} = \Sigma\, r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = 94,82 kWh/m^2 $A_n = 0,32\ V_{brüt} = 158,4\ m^2$

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,785 oranı 3. bölge için Ek A'dan alınan $Q' = 76,3\ A/V + 36,4$ eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 96,30 kWh/m^2 bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Örnekte $Q < Q'$ (94,82 < 96,30) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna göre uygundur.

Örnek 2
Bu örnektede, birincisinde olduğu gibi ısı kaybeden bina zarfının ayrı ayrı alanları çıkarılarak benzer şekilde hesaplamalar yapılır. Bu örnekteki binanın 2 ‘nci derece gün bölgesinde olduğu kabul edilmiştir.

Döşeme alanları

A_{taban}	=326,21	m^2	Toprak temaslı taban alanı
A_d	= 42,15	m^2	Çıkma alanı

Pencere alanları

$A_{P,Kuzey}$	= 15,30	m^2
$A_{P,Güney}$	= 70,78	m^2
$A_{P,Doğu}$	= 46,17	m^2
$A_{P,Batı}$	= 41,85	m^2
ΣA_P	=174,10	m^2

kapı alanları

$A_{kapı\ 1}$	= 2	m^2	Bodrum kat kapısı alanı
$A_{kapı\ 2}$	= 7	m^2	Giriş kapısı alanı
$A_{kapı,iç\ 2}$	= 2	m^2	Isıtılmayan iç hacime açılan kapı alanı

Duvar + betonarme alanları

$A_{D,kol\text{-}kiriş}$	=305,45	m^2	(Toplam kiriş - kolon alanı)
$A_{dsıc,kol\text{-}kiriş}$	= 18,84	m^2	(Düşük sıcaklıklı hacime bitişik toplam kiriş - kolon alanı)
$A_{D,dolgu}$	=442,60	m^2	(Dolgu duvar alanı)
$A_{dsıc,dolgu}$	= 28,24	m^2	(Düşük sıcaklıklı hacime bitişik dolgu duvar alanı)

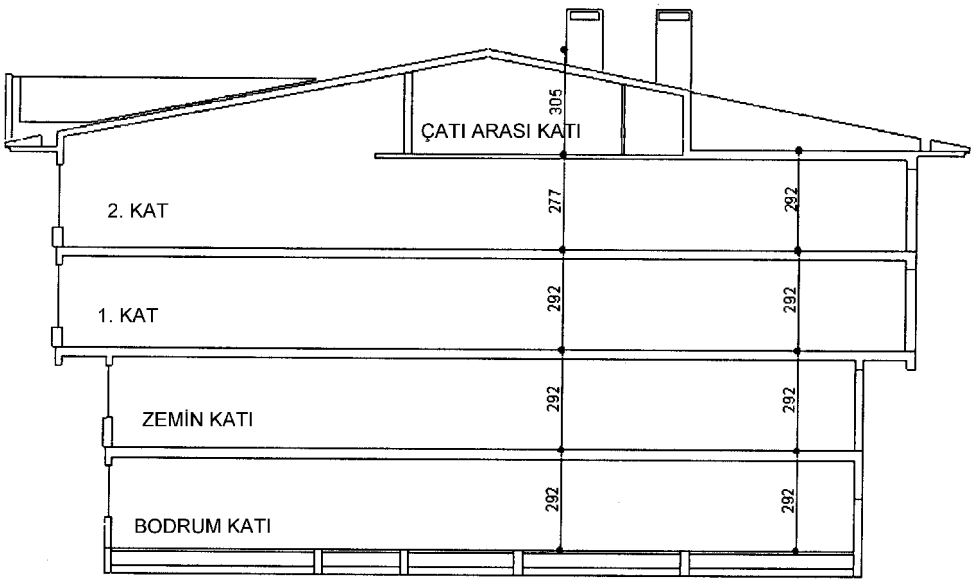
Çatı alanları

A_{tavan}	=236,81	m^2	(Çatı arası)
$A_{çatı}$	=130,16	m^2	(Çatı alanı)

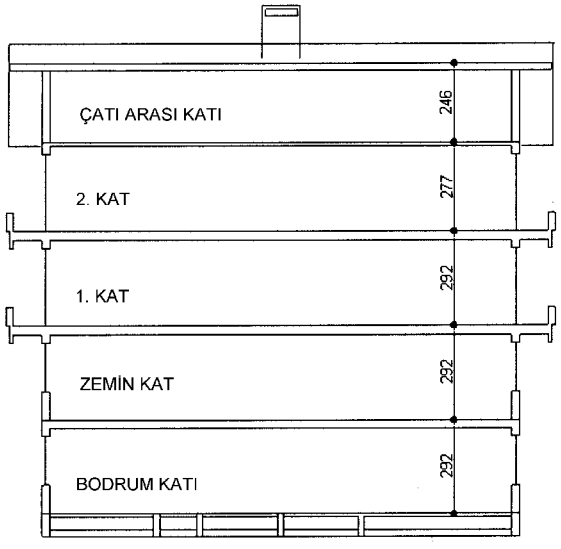
Toplam alan
A_{toplam} =1715,56 m^2

Brüt hacim
$V_{brüt}$ =4312 m^3

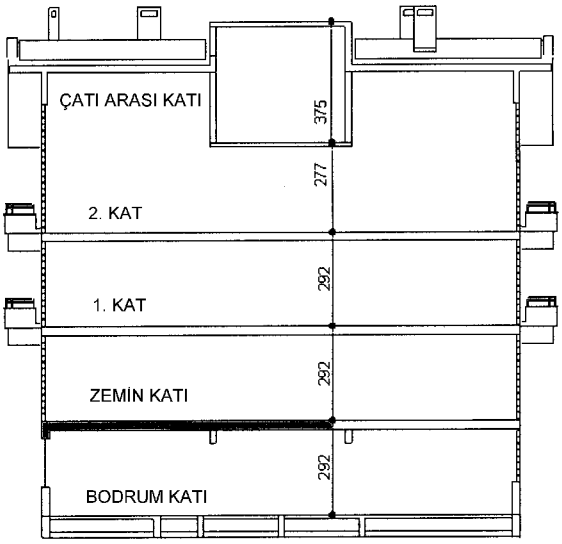
Net kullanım alanı
A_n = 1379,84 m^2



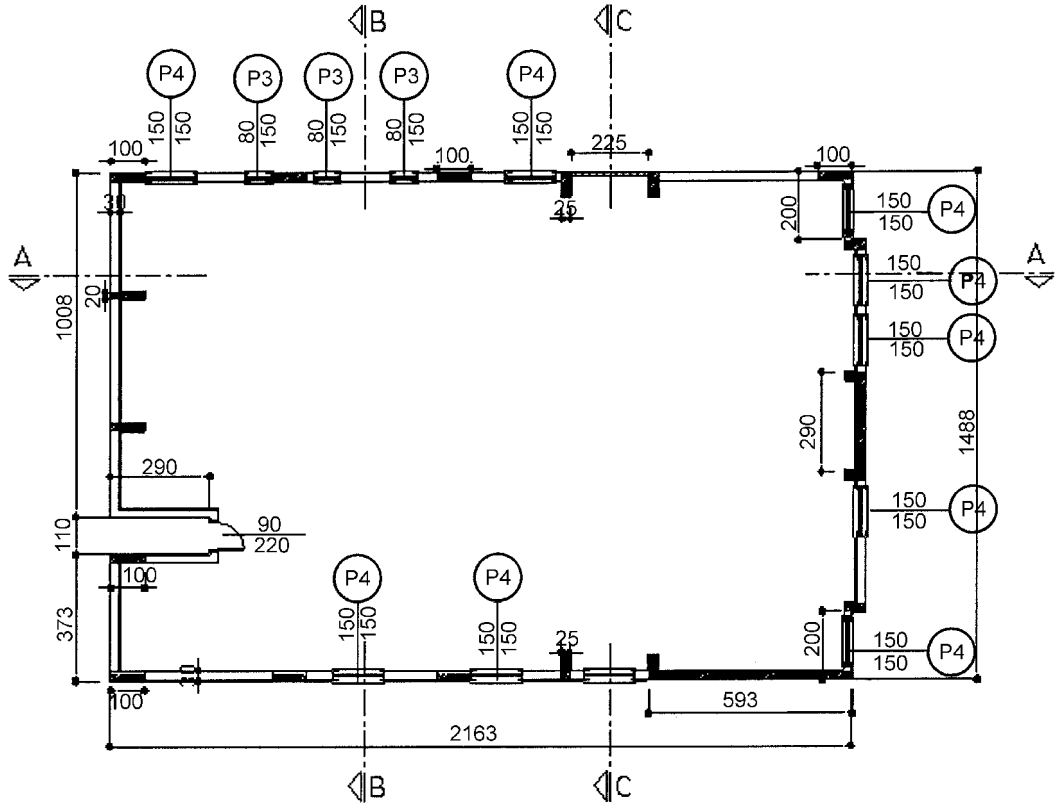
A – A KESİTİ



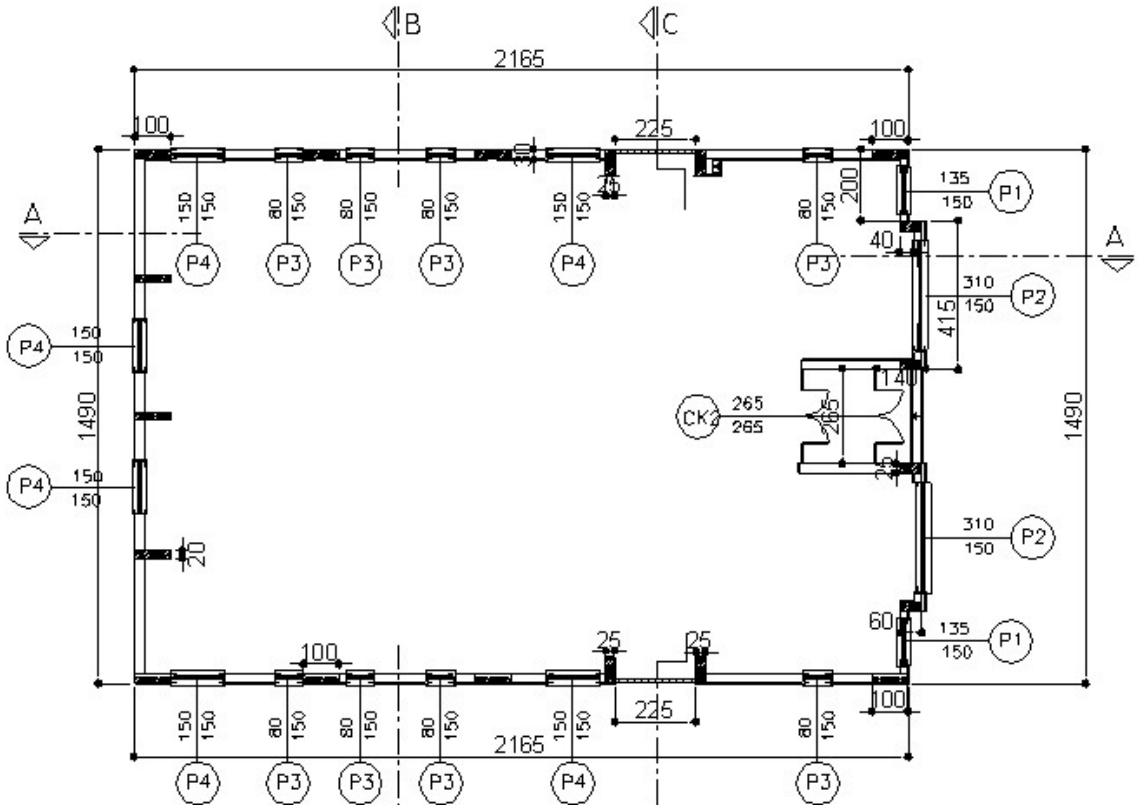
B – B KESİTİ



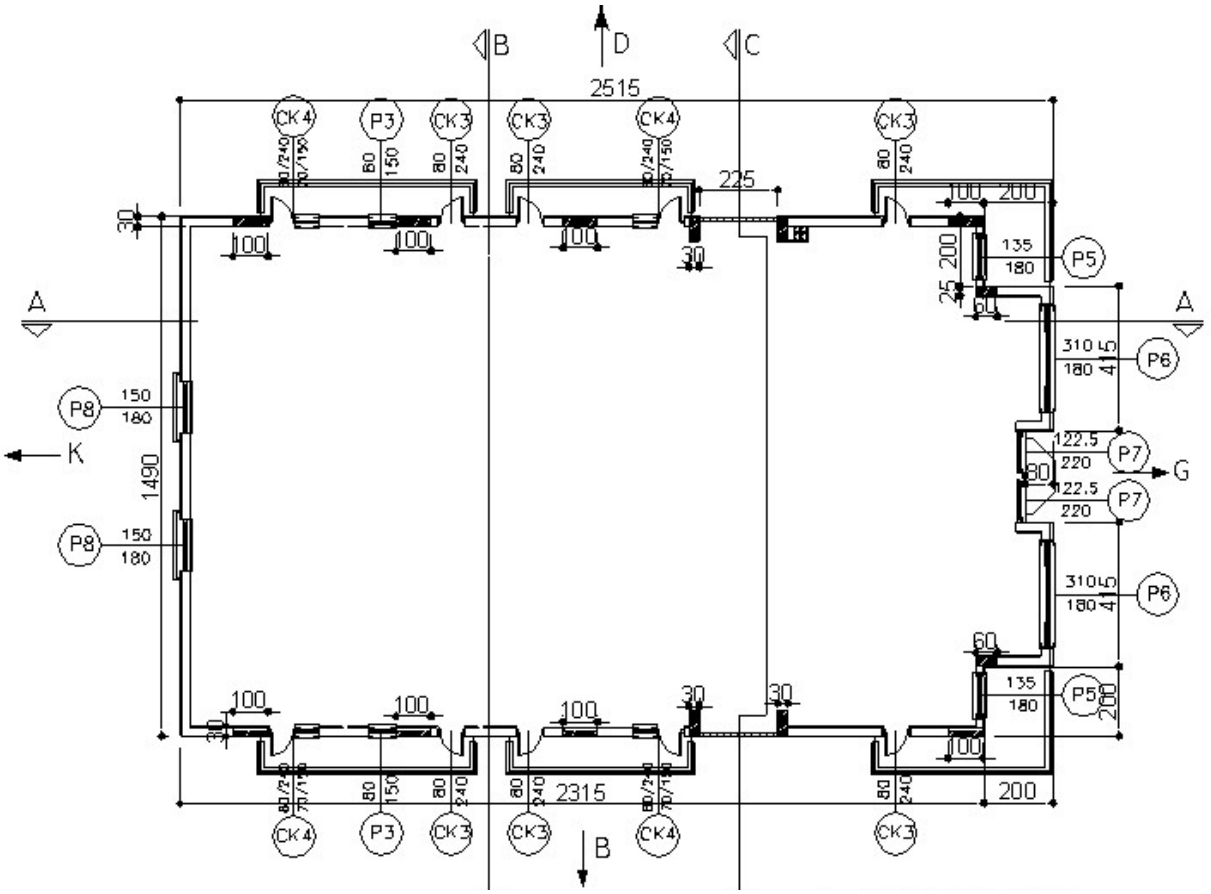
C – C KESİTİ



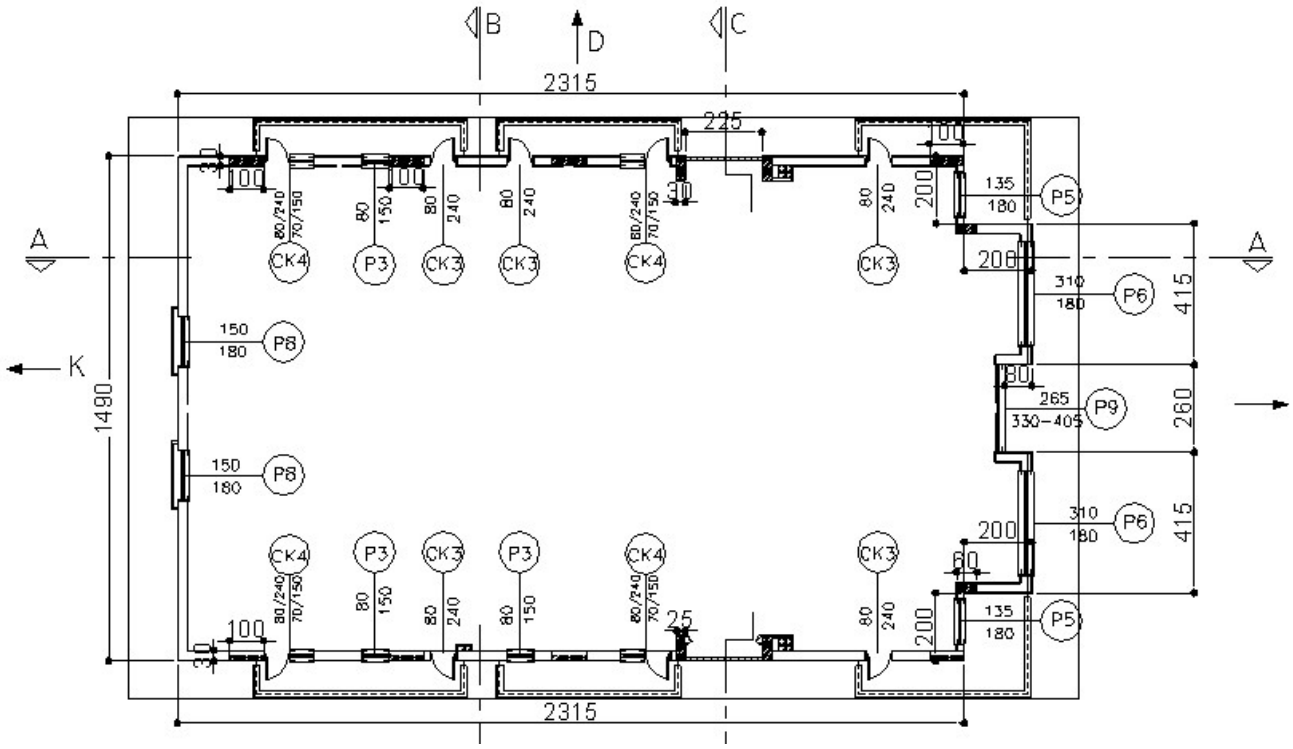
BODRUM KAT PLANI



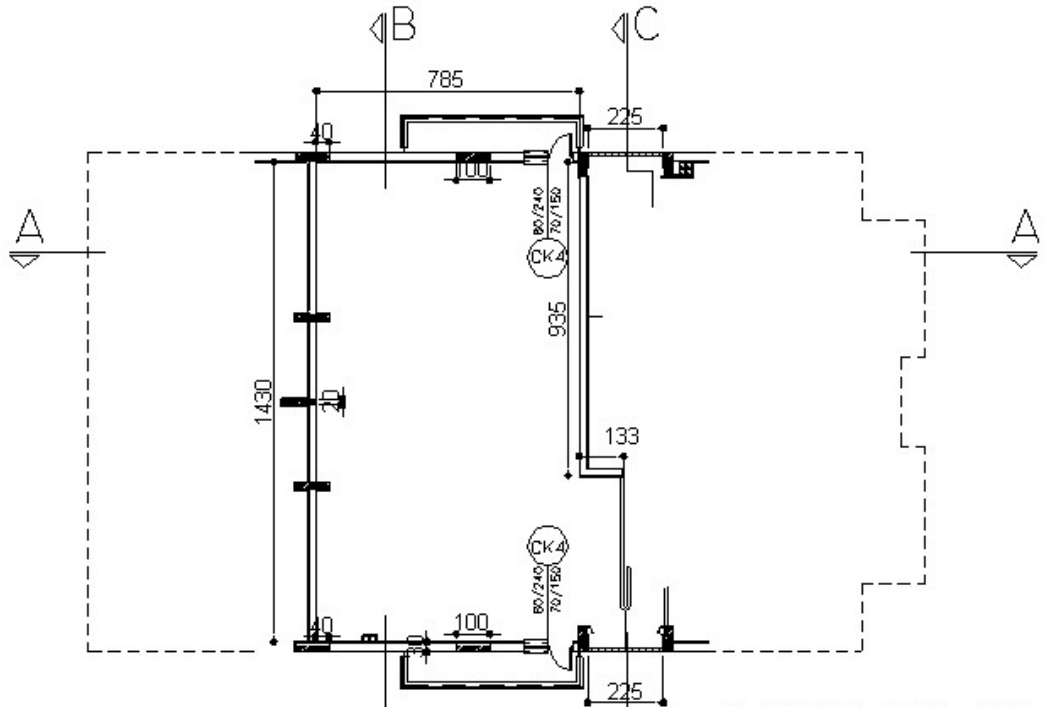
ZEMİN KAT PLANI



1. KAT PLANI



2. KAT PLANI



ÇATI KATI PLANI

Çizelge 9 - Binanın özgül ısı kaybı

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri (dış ortama açık, dolgu)	R_i [1]			0,13			
	Sıva [2]	0,02	1	0,02			
	Yatay delikli tuğla [3]	0,19	0,36	0,528			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,04	0,035	1,143			
	Sıva [2]	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1]			0,04			
Toplam				1,884	0,53	442,6	234,58
Duvar yüzeyleri (dış ortama açık, betonarme)	R_i [1]			0,13			
	Sıva [2]	0,02	1	0,02			
	Betonarme [5]	0,25	2,5	0,1			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,04	0,035	1,143			
	Sıva [2]	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1]			0,04			
Toplam				1,456	0,687	305,45	209,84
Duvar yüzeyleri (düşük sıcaklıklı, dolgu)	R_i [1]			0,13			
	Sıva [2]	0,02	1	0,02			
	Yatay delikli tuğla [3]	0,19	0,36	0,528			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,04	0,035	1,143			
	Sıva [2]	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1]			0,13			
Toplam				1,974	0,5 x 0,507	28,24	7,16
Duvar yüzeyleri (düşük sıcaklıklı, betonarme)	R_i [1]			0,13			
	Sıva [2]	0,02	1	0,02			
	Betonarme [5]	0,25	2,5	0,1			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,04	0,035	1,143			
	Sıva [2]	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1]			0,13			
Toplam				1,54	0,5 x 0,649	18,84	1,546
Tavan (üzeri açık)	R_I [1]			0,130			
	Alçı sıva [2]	0,002	0,70	0,003			
	Alçı karton plaka [7]	0,008	0,21	0,038			
	Betonarme [5]	0,12	2,5	0,048			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,06	0,03	2,000			
	Şap [2]	0,02	1,4	0,014			
	Mozaik [8]	0,010	3,5	0,003			
	R_e [1]			0,040			
Toplam				2,276	0,439	130,16	57,14
Tavan (çatılı)	R_I [1]			0,130			
	Sıva [2]	0,02	1	0,02			
	Betonarme [5]	0,12	2,5	0,048			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,08	0,04	2,000			
	R_e [1]			0,080			
Toplam				2,278	0,8 x 0,439	236,81	83,17

1	2	3	4	5	6	7	8
Isı kaybeden yüzey	Binadaki yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı A x U W/K
Taban (toprak temaslı)	R_i [1]			0,170			
	Sert Odun lifi levha [6]	0,005	0,13	0,038			
	Şap [2]	0,030	1,40	0,021			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,040	0,030	1,333			
	Tesviye şapı [2]	0,020	1,40	0,014			
	Hafif beton [5]	0,100	1,10	0,091			
	R_e [1]			0			
Toplam				1,667	0,5 x 0,6	326,21	97,86
Taban (açık geçit üzeri/çıkma)	R_i [1]			0,170			
	İğne yapraklı ahşap [6]	0,01	0,13	0,077			
	Şap [2]	0,020	1,40	0,014			
	Betonarme [5]	0,120	2,5	0,048			
	Isı yalıtım malzemesi [4]	0,040	0,035	1,143			
	Sıva [2]	0,008	0,35	0,023			
	R_e [1]			0,04			
Toplam				1,515	0,66	42,15	27,82
Dış kapı					4	7	28
Dış kapı					4	2	8
İç kapı					0,5 x 2	2	2
Pencere					2,4	174	417,6
Yapı elemanlarından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							1179,26

[1]) EK F, Çizelge 7'den alınacaktır.
[2]) EK E Sıra no 4'ten alınmıştır.
[3]) EK E Sıra no 7'den alınmıştır.
[4]) EK E Sıra no 10 'dan alınmıştır.
[5]) EK E Sıra no 5'ten alınmıştır.
[6]) EK E Sıra no 8'den alınmıştır.
[7])EK E Sıra no 6'dan alınmıştır.
[8]) EK E Sıra no 1'den alınmıştır.

$\Sigma AU = U_D A_D + U_p.A_p + 0,8\ U_T.A_T + 0,5\ U_t A_t + U_d A_d + \ldots.$
$\Sigma AU = 1179,26$ W/K
Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$

İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + l\ U_l$

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
$H_v = 0,33 . n_h . V_h = 0,33 \times 0,8 \times (0,8 \times 4312) = 910,7$ W/K

$$H = H_T + H_v = 1179,26 + 910,7 = 2089,96 \text{ W/K}$$

Çizelge 10 - Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak	2.089,96	16,1	33.648	6.899	4.454	11.353	0,34	0,95	59.259.989
Şubat		14,6	30.513		5.534	12.433	0,41	0,91	49.763.730
Mart		11,7	24.453		6.591	13.490	0,55	0,84	34.010.669
Nisan		6,2	12.958		7.345	14.244	1,10	0,60	11.434.867
Mayıs		1,0	2.090		8.522	15.421	7,38	0,13	0
Haziran		θ_e yüksek	0		8.992	15.891	0	0	0
Temmuz		θ_e yüksek	0		8.740	15.639	0	0	0
Ağustos		θ_e yüksek	0		8.174	15.073	0	0	0
Eylül		θ_e yüksek	0		6.865	13.764	0	0	0
Ekim		4,9	10.241		5.572	12.471	1,22	0,56	8.442.766
Kasım		10,5	21.945		4.207	11.106	0,51	0,86	32.124.833
Aralık		15,2	31.767		3.899	10.798	0,34	0,95	55.751.069

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] . t$ (J) (1k J = 0,278 x 10^{-3} kWh)

$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay}$ =250.787.923

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278x10^{-3} \times 250.787.923$ (kj) = 69.719 kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 . A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

A_{toplam} =1715,56 m^2

$V_{brüt}$ =4312 m^3

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl} / V_{brüt}$ = 16,17 kWh/m^3

$A_{top}/V_{brüt}$ = 0,4 oranı 2. bölge için Madde A.2 'den alınan $Q' = 22,4 \times A/V + 7,8$ eşitliğinde yerine

konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı $Q' = 16,69$ kWh/m^3 bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Örnekte $Q < Q'$ (16,17 < 16,69) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna göre uygundur.

Ek A

A.1 En büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranları için ısıtma enerjisi değerleri

		A/V < 0,2 için	A/V > 1,05 için	
1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	19,2	56,7	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	6,2	18,2	kWh/m³,yıl
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	38,4	97,9	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	12,3	31,3	kWh/m³,yıl
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	51,7	116,5	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	16,6	37,3	kWh/m³,yıl
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	67,3	137,6	kWh/m²,yıl
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	21,6	44,1	kWh/m³,yıl

A.2 Bölgelere ve ara değer $A_{top}/V_{brüt}$ oranlarına bağlı olarak sınırlandırılan Q'nun hesaplanması

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	44,1 x A/V + 10,4 [kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG}$ =	14,1 x A/V + 3,4 [kWh/m³,yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	70 x A/V + 24,4 [kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG}$ =	22,4 x A/V + 7,8 [kWh/m³,yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	76,3 x A/V + 36,4 [kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG}$ =	24,4 x A/V + 11,7 [kWh/m³,yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	82,8 x A/V + 50,7 [kWh/m²,yıl]
	$V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG}$ =	26,5 x A/V + 16,3 [kWh/m³,yıl]

A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m²K)	U_T (W/m²K)	U_t (W/m²K)	U_P* (W/m²K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

* : Pencerelerin ısıl geçirgenlik katsayıları(U_p) Madde A.3'te ve Madde A.4'te verilmiş olup pencerelerden olan ısı kayıplarının en aza indirilmesi açısından U_p değerinin kaplamalı camlar kullanılarak 1,8 W/m²K'e kadar düşürülecek şekilde tasarımlanması tavsiye edilir. Diğer kapı ve pencere türleri için TS 2164'te verilen 11.05.2000 revizyon tarihli Çizelge 6a ve Çizelge 6b kullanılarak ısıl geçirgenlik katsayıları bulunur ve hesaba katılır. Bazı pencere tipleri için TS 2164'ten faydalanılarak bulunan U_p değerleri Madde A.4'te verilmiştir.

A.4 Bazı pencere sistemlerinin Up değerleri

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısıl geçirgenlik (U_p) katsayıları W/m²K		**TEK CAMLI PENCERE**	**ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)**				**ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE**			
			ARA BOŞLUK (mm)				**ARA BOŞLUK (mm)**			
			6	**9**	**12**	**16**	**6**	**9**	**12**	**16**
	DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
DOĞRAMA TİPİ	AHŞAP DOĞRAMA (meşe, dişbudak/sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHŞAP DOĞRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLASTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLASTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

Açıklamalar

- Bu çizelge 11 Mayıs 2000 tarihinde revize edilen TS 2164 Çizelge 6a ve Çizelge 6b esas alınarak hazırlanmıştır.
- Bu çizelgede yer almayan diğer pencere sistemlerine ait ısıl geçirgenlik katsayıları TS 2164'te verilen Çizelge 6a ve Çizelge 6b'den yararlanılarak bulunabilir.

Ek B

B.1 Farklı amaçlarla kullanılan binalar için hesaplamalarda kullanılacak aylık ortalama iç sıcaklık değerleri [θ_i (°C)]

	Isıtılacak binanın adı	Sıcaklığı (°C)
1	Konutlar	19
2	Yönetim binaları	
3	İş ve hizmet binaları	
4	Otel, motel ve lokantalar	20
5	Öğretim binaları	
6	Tiyatro ve konser salonları	
7	Kışlalar	
8	Ceza ve tutuk evleri	
9	Müze ve galeriler	
10	Hava limanları	
11	Hastaneler	22
12	Yüzme havuzları	26
13	İmalat ve atölye mahalleri	16

B.2 Farklı derece gün (dg) bölgeleri için ısı kaybı ve yoğuşma hesaplamalarında kullanılacak aylık ortalama dış sıcaklık değerleri [θ_e (°C)]

	1. Bölge	**2. Bölge**	**3. Bölge**	**4. Bölge**
OCAK	8,4	2,9	-0,3	-5,4
ŞUBAT	9,0	4,4	0,1	-4,7
MART	11,6	7,3	4,1	0,3
NİSAN	15,8	12,8	10,1	7,9
MAYIS	21,2	18,0	14,4	12,8
HAZİRAN	26,3	22,5	18,5	17,3
TEMMUZ	28,7	24,9	21,7	21,4
AĞUSTOS	27,6	24,3	21,2	21,1
EYLÜL	23,5	19,9	17,2	16,5
EKİM	18,5	14,1	11,6	10,3
KASIM	13,0	8,5	5,6	3,1
ARALIK	9,3	3,8	1,3	-2,8

Ek C

Bütün derece gün bölgeleri için hesaplamalarda kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m²]

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I güney =	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
I kuzey =	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
I batı/doğu =	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Not - Ara yönlerin aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti değerleri olarak, hakim yönlerin değerleri, yatay camlamalarda ise Güney yönü için verilen değerler alınır.

Ek D
İllere göre derece gün bölgeleri

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANİYE
ANTALYA	HATAY	İZMİR	

İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler

AYVALIK (Balıkesir) DALAMAN (Muğla) FETHİYE (Muğla)
MARMARİS(Muğla) BODRUM (Muğla) DATÇA (Muğla) KÖYCEĞİZ (Muğla)
MİLAS (Muğla)
GÖKOVA (Muğla)

2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

SAKARYA	ÇANAKKALE	KAHRAMAN MARAŞ		RİZE
TRABZON				
ADIYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİ ANTEP	MARDİN	ŞANLI URFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	

İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler

HOPA (Artvin) ARHAVİ (Artvin)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler

ABANA(Kastamonu) BOZKURT (Kastamonu) ÇATALZEYTİN (Kastamonu)
İNEBOLU (Kastamonu) CİDE (Kastamonu) DOĞANYURT (Kastamonu)

3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ
BİNGÖL	IĞDIR	KONYA	UŞAK
BOLU	ISPARTA	KÜTAHYA	

İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

POZANTI (Adana) KORKUTELİ (Antalya)

İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

MERZİFON (Amasya) DURSUNBEY (Balıkesir) ULUS (Bartın)

İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler

TOSYA (Kastamonu)

4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ

AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ
BAYBURT	HAKKÂRİ	SİVAS
BİTLİS	KARS	VAN
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT

İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler

KELES (Bursa) ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun) ELBİSTAN (K.Maraş) MESUDİYE (Ordu) ULUDAĞ (Bursa) AFŞİN (K.Maraş) GÖKSUN (K.Maraş)

İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler

KIĞI (Bingöl) PÜLÜMÜR (Tunceli) SOLHAN (Bingöl)

Not - Ek'te adı bulunmayan yerleşim birimleri, bağlı bulundukları belediyenin bölgesinde sayılır.

Ek E

Yapı malzeme ve bileşenlerinin birim hacim kütlesi, ısıl iletkenlik hesap değeri (λ_h) ve su buharı difüzyon direnç faktörü (μ)*

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
1	**DOĞAL TAŞLAR**			
1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (mozaik vb.)	> 2800 2600	3,5 2,3	10000 200 / 250
1.2	Tortul, sedimante taşlar (kum taşı, traverten, konglomeralar vb.)	2600	2,3	200 / 250
1.3	Gözenekli püskürük taşlar	< 1600	0,55	15 / 20
1.4	Granit	2500-2700	2,8	10000
1.5	Bazalt	2700-3000	3,5	10000
1.6	Mermer	2800	3,5	10000
1.7	Alçı taşı	< 2600	2,3	200 / 250
1.8	Yapay taşlar	1750	1,3	40 / 50
1.9	Arduvaz	2000-2800	2,2	800 / 1000
2	**DOĞAL ZEMİNLER** (doğal nemlilikte)			
2.1	Kum, kum-çakıl	1700-2200	2,0	50
2.2	Kil, alüvyon	1200-1800	1,5	50
3	**DÖKME MALZEMELER** (hava kurusunda, üzeri örtülü durumda)			
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	1800	0,70	3

* **Not:** Bu ekte; TS 825 standardında tanımlanan hesaplamalarda kullanılmak üzere; ısıl iletkenlik grupları ve/veya birim hacim kütlesine bağlı olarak yapı ve yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik hesap değerleri ile su buharı difüzyon direnç faktörleri yer almakta olup, yapı projesi burada verilen tasarım ısıl iletkenlik değerlerine göre hesaplanacaktır. Ancak, Bayindirlik ve Iskan Bakanliği Tarafindan yetkilendirilen bir uygunluk değerlendirme kuruluşu tarafından belgelenmiş tasarım ısıl değeri beyanı, başka bir temel gerek ile öngörülen şartları etkilemediği ve mal sahibinin tâbi olduğu, İhale Kanunu veya özel sözleşmeler gibi hukuki gereklere zarar getirmediği müddetçe sorumluluğu ürün imalatçısı tarafından üstlenilmesi halinde, yapı projesinde kullanılabilir.

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4]
3.2	Bims çakılı (TS 3234)	≤ 1000	0,19	3
3.3	Yüksek fırın cürufu	≤ 600	0,13	3
3.4	Kömür cürufu	< 1000	0,23	3
3.5	Gözenekli doğal taş mıcırları	≤ 1200 < 1500	0,22 0,27	3 3
3.6	Genleştirilmiş perlit agregası (TS EN 14316-1)	≤ 100 100 < 400	0,060 0,16	3 3
3.7	Genleştirilmiş mantar parçacıkları	≤ 200	0,055	3
3.8	Polistiren, sert köpük parçacıkları	15	0,050	3
3.9	Testere ve planya talaşı	200	0,070	2
3.10	Saman	150	0,058	3
4	**SIVALAR, ŞAPLAR VE DİĞER HARÇ TABAKALARI**			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	1800	1,0	15 / 35
4.2	Çimento harcı	2000	1,60	15 / 35
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	1400	0,70	10
4.4	Sadece alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	1200	0,51	10
4.5	Alçı harçlı şap	2100	1,20	15 / 35
4.6	Çimento harçlı şap	2000	1,40	15 / 35
4.7	Dökme asfalt kaplama	2100	0,70	50000
4.8	Anorganik esaslı hafif agregalardan yapılmış sıva harçları	800 900 1000	0,30 0,35 0,38	
4.9	Genleştirilmiş perlit agregasıyla yapılan sıvalar ve harç ve tabakaları	400 500 600 700 800	0,14 0,16 0,20 0,24 0,29	
(Ek:RG-17/7/2009-27291	Isı yalıtım sıvaları (TS EN 998-1'e uygun)			
	Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar	≥ 200	0,070	5/20
	Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar		0,080	

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
) 4.10	Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar		0,090	
	Isıl iletkenlik grubu 070 olan sıvalar		0,100	
(Ek:RG - 17/7/2009-27291) 4.11	Reçine ile uygulanan sıva	1 100	0,70	50/200
5	**BETON YAPI ELEMANI (Bu bölümde yer alan elemanlar tek başına bir yapı elemanını ifade etmektedir. Yapı elemanının bir örgü harcı kullanılarak uygulanması durumunda λh değerleri Sıra no: 7 'den alınmalıdır.)**			
5.1	Normal beton (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	2400	2,50	80 - 130
	Donatılı	2200	1,65	70 / 120
	Donatısız			
5.2	Kesif dokulu hafif betonlar, (agregalar arası boşluksuz) donatılı veya donatısız			
5.2.1	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 1114 EN 13055-1'e uygun agregalarla [6)]	800	0,39	70 / 150
		900	0,44	70 / 150
		1000	0,49	70 / 150
		1100	0,55	70 / 150
		1200	0,62	70 / 150
		1300	0,70	70 / 150
		1400	0,79	70 / 150
		1500	0,89	70 / 150
		1600	1,00	70 / 150
		1800	1,30	70 / 150
		2000	1,60	70 / 150
5.2.2	Sadece genleştirilmiş perlit kullanılarak ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış betonlar (TS 3649'a uygun) [6)]	300	0,10	70 / 150
		400	0,13	70 / 150
		500	0,15	70 / 150
		600	0,19	70 / 150
		700	0,21	70 / 150
		800	0,24	70 / 150
		900	0,27	70 / 150
		1000	0,30	70 / 150
		1200	0,35	70 / 150
		1400	0,42	70 / 150

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
		1600	0,49	70 / 150
5.3	Tuvenan hâlindeki hafif agregalarla yapılan hafif betonlar (agregalar arası boşluklu)			
5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	1600	0,81	3-10
		1800	1,10	3-10
		2000	1,40	5-10
5.3.2	Gözenekli hafif agregalar kullanılarak kuvartz kumu katılmadan yapılmış betonlar [6)]	600	0,22	5-15
		700	0,26	5-15
		800	0,28	5-15
		1000	0,36	5-15
		1200	0,46	5-15
		1400	0,57	5-15
		1600	0,75	5-15
		1800	0,92	5-15
		2000	1,20	5-15
5.3.3	Yalnız doğal bims kullanılarak ve kuvars kumu katılmadan yapılmış betonlar	400	0,12	5-15
		450	0,13	5-15
		500	0,15	5-15
		550	0,16	5-15
		600	0,18	5-15
		650	0,19	5-15
		700	0,20	5-15
		750	0,22	5-15
		800	0,24	5-15
		900	0,27	5-15
		1000	0,32	5-15
		1100	0,37	5-15
		1200	0,41	5-15
		1300	0,47	5-15
5.4	Organik bazlı agregalarla yapılmış hafif betonlar			
5.4.1	Ahşap testere veya planya talaşı betonu	400	0,14	5-15
		600	0,19	5-15
		800	0,25	5-15
		1000	0,35	5-15
		1200	0,44	5-15
5.4.2	Çeltik kapçığı betonu	600	0,14	5-15

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
5.5	Buharla sertleştirilmiş gaz betonlar (TS EN 771-4'e uygun yapı elemanları dâhil)	700	0,17	5-15
		350	0,11	5 / 10
		400	0,13	5 / 10
		450	0,15	5 / 10
		500	0,15	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,21	5 / 10
		700	0,22	5 / 10
		750	0,24	5 / 10
		800	0,25	5 / 10
		900	0,29	5 / 10
		1000	0,31	5 / 10
6	**YAPI PLAKALARI VE LEVHALAR**			
6.1	Gaz beton yapı levhaları (TS EN 771-4'e uygun plakalar)			
6.1.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilen levhalar	400	0,20	5 / 10
		500	0,22	5 / 10
		600	0,24	5 / 10
		700	0,27	5 / 10
		800	0,29	5 / 10
6.1.2	İnce derzli veya özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilen levhalar	350	0,11	5 / 10
		400	0,13	5 / 10
		450	0,15	5 / 10
		500	0,16	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,21	5 / 10
		700	0,22	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
		750	0,24	5 / 10
		800	0,25	5 / 10
6.2	Hafif betondan duvar plakaları	800	0,29	5 / 10
		900	0,32	5 / 10
		1000	0,37	5 / 10
		1200	0,47	5 / 10
		1400	0,58	5 / 10
6.3	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dâhil) (TS 451 EN 12859, TS EN 520, TS 1474'e uygun)	750	0,35	5 / 10
		900	0,41	5 / 10
		1000	0,47	5 / 10
		1200	0,58	5 / 10
6.4	Genleştirilmiş perlit agregası katılmış alçı duvar levhaları (TS EN 13169'a uygun)	600	0,29	5 / 10
		750	0,35	5 / 10
		900	0,41	5 / 10
6.5	Alçı karton plakalar (TS EN 520'ye uygun)	800	0,25	8 / 25
7	**KÂGİR DUVARLAR (harç fugaları- derzleri dâhil)**			
7.1	Tuğla duvarlar			
7.1.1	TS EN 771-1'e uygun tuğlalarla yapılan kâgir duvarlar, dolu klinker, düşey delikli klinker, (TS 4562) seramik klinker (TS 2902)	1800	0,81	5 / 10
		2000	0,96	5 / 10
		2200	1,20	5 / 10
		2400	1,40	5 / 10
7.1.2	TS EN 771-1'e uygun dolu veya düşey delikli tuğlalarla duvarlar	1200	0,50	5 / 10
		1400	0,58	5 / 10
		1600	0,68	5 / 10
		1800	0,81	5 / 10
		2000	0,96	5 / 10
		2200	1,20	5 / 10
		2400	1,40	5 / 10
7.1.3	Düşey delikli tuğlalarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun AB sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
7.1.3.1	Normal harç kullanarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,32	5 / 10
		600	0,33	5 / 10
		650	0,35	5 / 10
		700	0,36	5 / 10
		750	0,38	5 / 10
		800	0,39	5 / 10
		850	0,41	5 / 10
		900	0,42	5 / 10
		950	0,44	5 / 10
		1000	0,45	5 / 10
7.1.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³'ün altında olan harç kullanılarak AB sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,27	5 / 10
		600	0,28	5 / 10
		650	0,30	5 / 10
		700	0,31	5 / 10
		750	0,33	5 / 10
		800	0,34	5 / 10
		850	0,36	5 / 10
		900	0,37	5 / 10
		950	0,38	5 / 10
		1000	0,40	5 / 10
7.1.4	Düşey delikli hafif tuğlarlarla duvarlar (TS EN 771-1'e uygun W sınıfı tuğlalarla, normal derz veya harç cepli)			
7.1.4.1	Normal harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,22	5 / 10
		600	0,23	5 / 10
		650	0,23	5 / 10
		700	0,24	5 / 10
		750	0,25	5 / 10
		800	0,26	5 / 10
		850	0,26	5 / 10
		900	0,27	5 / 10
		950	0,28	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
7.1.4.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³'ün altında olan harç kullanılarak W sınıfı tuğlalarla yapılan duvarlar	550	0,19	5 / 10
		600	0,20	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
		650	0,20	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		750	0,22	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		850	0,23	5 / 10
		900	0,24	5 / 10
		950	0,25	5 / 10
		1000	0,26	5 / 10
7.1.5	Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS EN 771-1)	600	0,33	5 / 10
		700	0,36	5 / 10
		800	0,39	5 / 10
		900	0,42	5 / 10
		1000	0,45	5 / 10
7.2	Kireç kum taşı duvarlar (TS 808 EN 771-2'ye uygun)	700	0,35	5 / 10
		800	0,40	5 / 10
		900	0,44	5 / 10
		1000	0,50	5 / 10
		1200	0,56	5 / 10
		1400	0,70	5 / 10
		1600	0,79	15 / 25
		1800	0,99	15 / 25
		2000	1,10	15 / 25
		2200	1,30	15 / 25
7.3	Gaz beton duvar blokları ile yapılan duvarlar (TS EN 771-4'e uygun)			
7.3.1	Normal derz kalınlığında ve normal harçla yerleştirilmiş bloklarla yapılan duvarlar	400	0,20	5 / 10
		450	0,21	5 / 10
		500	0,22	5 / 10
		550	0,23	5 / 10
		600	0,24	5 / 10
		650	0,25	5 / 10
		700	0,27	5 / 10
		800	0,29	5 / 10
7.3.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³'ün altında olan harç kullanılarak veya özel yapıştırıcısıyla yerleştirilmiş (blok uzunluğunun en az 500 mm olması şartıyla) gaz beton bloklarla yapılan duvarlar	350	0,11	5 / 10
		400	0,13	5 / 10
		450	0,15	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
		500	0,16	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,21	5 / 10
		700	0,22	5 / 10
		750	0,24	5 / 10
		800	0,25	5 / 10
7.4	Beton briket veya duvar blokları ile yapılan duvarlar			
7.4.1	Hafif betondan dolu briket veya dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun ve kuvars kumu katılmaksızın yapılmış briket ve bloklarla) [5)]	450	0,31	5 / 10
		500	0,32	5 / 10
		550	0,33	5 / 10
		600	0,34	5 / 10
		650	0,35	5 / 10
		700	0,37	5 / 10
		800	0,40	5 / 10
		900	0,43	5 / 10
		1000	0,46	5 / 10
		1200	0,54	5 / 10
		1400	0,63	5 / 10
		1600	0,74	10 / 15
		1800	0,87	10 / 15
		2000	0,99	10 / 15
7.4.2	Doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450	0,28	5 / 10
		500	0,29	5 / 10
		550	0,30	5 / 10
		600	0,31	5 / 10
		650	0,32	5 / 10
		700	0,33	5 / 10
		800	0,36	5 / 10
		900	0,39	5 / 10
		1000	0,42	5 / 10
		1200	0,49	5 / 10
		1400	0,57	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
		1600	0,62	10 / 15
		1800	0,68	10 / 15
		2000	0,74	10 / 15
7.4.3	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³'ün altında olan harç kullanılarak doğal bims betondan dolu bloklarla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun DDB türü bloklarla, kuvars kumu katılmaksızın yapılmış)	450	0,23	5 / 10
		500	0,24	5 / 10
		550	0,25	5 / 10
		600	0,26	5 / 10
		650	0,27	5 / 10
		700	0,28	5 / 10
		800	0,30	5 / 10
		900	0,32	5 / 10
		1000	0,35	5 / 10
7.4.4	Kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450	0,18	5 / 10
		500	0,20	5 / 10
		550	0,21	5 / 10
		600	0,22	5 / 10
		650	0,23	5 / 10
		700	0,25	5 / 10
		800	0,27	5 / 10
		900	0,30	5 / 10
		1000	0,32	5 / 10
7.4.5	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³'ün altında olan harç kullanılarak kuvars kumu katılmaksızın doğal bimsle yapılmış betondan özel yarıklı dolu duvar bloklarıyla yapılan duvarlar (TS EN 771-3'e uygun SW türü bloklarla)	450	0,16	5 / 10
		500	0,17	5 / 10
		550	0,18	5 / 10
		600	0,19	5 / 10
		650	0,20	5 / 10
		700	0,21	5 / 10
		800	0,23	5 / 10
		900	0,26	5 / 10
		1000	0,29	5 / 10
7.4.6	Genleştirilmiş perlit betonundan dolu bloklarla yapılan duvarlar (kuvartz kumu katılmaksızın	500	0,26	5 / 10

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
	yapılmış bloklarla) (TS EN 14316-1'e uygun agregayla TS 406'ya uygun olarak yapılmış bloklarla [6])	600	0,29	5 / 10
		700	0,32	5 / 10
		800	0,35	5 / 10
7.5	Boşluklu briket veya bloklarla yapılan duvarlar			
7.5.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
7.5.1.1	Hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)	450	0,28	5 / 10
		500	0,29	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 115 mm,	550	0,31	5 / 10
		600	0,32	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 150 mm,	650	0,34	5 / 10
	1 sıra boşluklu; genişlik 175 mm,	700	0,36	5 / 10
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm,	800	0,41	5 / 10
		900	0,46	5 / 10
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,	1000	0,52	5 / 10
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	1200	0,60	5 / 10
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 425 mm,	1400	0,72	5 / 10
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm olan bloklarda	1600	0,76	5 / 10
7.5.1.2	TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³ ün altında olan harç kullanılarak hafif betondan boşluklu bloklarla yapılan duvarlar (kuvars kumu katılmaksızın TS EN 771-3'e uygun BDB türü bloklarla)			
		450	0,23	5 / 10
	≤ 2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm ,	500	0,25	5 / 10
	≤ 3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,	550	0,27	5 / 10
		600	0,28	5 / 10
	≤ 4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	650	0,30	5 / 10
	≤ 5 sıra boşluklu genişlik < 490 mm,	700	0,32	5 / 10
	6 sıra boşluklu; genişlik < 490 mm			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
	olan bloklarda	800	0,36	5 / 10
		900	0,40	5 / 10
		1000	0,52	5 / 10
		1200	0,60	5 / 10
		1400	0,72	5 / 10
		1600	0,75	5 / 10
7.5.2	Normal betondan boşluklu briket ve bloklarla yapılan duvarlar (TS 406'ya uygun)			
7.5.2.1	2 sıra boşluklu; genişlik < 240 mm ,			
	3 sıra boşluklu; genişlik < 300 mm,			
	4 sıra boşluklu; genişlik < 365 mm,	<1800	0,92	20 - 30
	olan bloklarda			
7.5.2.2	2 sıra boşluklu; genişlik = 300 mm,			
	3 sıra boşluklu; genişlik = 365 mm,	<1800	1,3	20 - 30
	olan bloklarda			
7.6	Doğal taşlarla örülmüş moloz taş duvarlar			
	Taşın birim hacim kütlesi ;		0,81	
	< 1600 kg/m³		1,16	
	> 1600,< 2000 kg/m³		1,74	
	> 2000,< 2600 kg/m³		2,56	
	> 2600 kg/m³			
8	**AHŞAP VE AHŞAP MAMULLERİ**			
8.1	Ahşap			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	600	0,13	40
8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	800	0,20	40
8.2	Ahşap mamulleri			
8.2.1	Kontrplâk (TS 4645 EN 636), kontrtabla (TS 1047)	800	0,13	50 - 400

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
8.2.2	Ahşap yonga levhalar			
8.2.2.1	Yatık yongalı levhalar (TS EN 309, TS EN 12369-1)	700	0,13	50 / 100
8.2.2.2	Dik yongalı levhalar (TS 3482)	700	0,17	20
8.2.3	Odun lifi levhalar			
(Değişik:RG-17/7/2009-27291)	Sert (TS 64-2 EN 622-2'ye uygun) ve orta sert (TS 64-3 EN 622-3'e uygun) odun lifi levhalar			
		600 800 1000	0,13 0,15 0,17	70 70 70
8.2.3.1				
8.2.3.2	Hafif odun lifi levhalar	< 200 < 300	0,046 0,058	5 5
9	**KAPLAMALAR**			
9.1	Döşeme kaplamaları			
9.1.1	Linolyum	1200	0,17	800-1000
9.1.2	Mantarlı linolyum	700	0,08	
9.1.3	Sentetik malzemeden kaplamalar (örneğin PVC)	1500	0,23	
9.1.4	Halı vb. kaplamalar	200	0,06	
9.2	Suya karşı yalıtım kaplamaları			
9.2.1	Mastik asfalt kaplama > 7 mm	2000	0,70	
9.2.2	Bitüm ve bitüm emdirilmiş kaplamalar			
9.2.2.1	Armatürlü bitümlü pestiller (membranlar)			
	Bitümlü karton	1100	0,19	2000
	Cam tülü armatürlü bitümlü pestil	1200	0,19	14000
	0,01 mm Alüminyum folyolu bitümlü pestil	900	0,19	100000
	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	2000	0,19	14000
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	2000-5000	0,19	20000
9.2.3	Armatürlü veya armatürsüz plastik pestil ve folyolar			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
	Polietilen folyo	1000	0,19	80000
	PVC örtü	1200	0,19	42000
	PIB polyisobütilen örtü	1600	0,26	300000
	ECB etilen kopolimer örtü	1000	0,19	80000
	EPDM etilen propilen kauçuk örtü	1200	0,30	100000
10	**ISI YALITIM MALZEMELERİ**			
(Değişik:RG-17/7/2009-27291)	Rende yongası levhalar (TS EN 13171)			
	Kalınlık d < 25 mm		0,150	
	Kalınlık d ≥ 25 mm	460-650		2-5
	Isıl iletkenlik grupları			
10.1	065		0,065	
	070		0,070	
	075		0,075	
	080	360-460	0,080	
	085		0,085	
	090		0,090	2-5
10.2	Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler			
10.2.1	Poliüretan (PUR) - (DIN 18159-1'e uygun)			
	Isıl iletkenlik grupları			
	035		0,035	
	040	(>45)	0,040	30-100
10.2.2	Reçine - formaldehit köpüğü (UF) – (DIN 18159-2'ye uygun)			
	Isıl iletkenlik grupları		0,035	
	035			
	040	(≥10)	0,040	1-3
10.3	Sentetik köpük malzemeler			
(Değişik:RG-17/7/2009-27291)	Genleştirilmiş polistiren köpük (PS) levhalar			
	Polistiren – Parçacıklı köpük - TS 7316 EN 13163'e uygun			
10.3.1	Isıl iletkenlik grupları	≥ 15		20-50
	035	≥ 20	0,035	30-70
	040	≥ 30	0,040	40-100
(Değişik:RG-17/7/2009-27291)	Poliüretan sert köpük (TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun)			
	Isıl iletkenlik grupları		0,025[15)]	
	025		0,030	30-100
	030		0,035	
	035	(≥ 30)	0,040	

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
10.3.1.1	040			
10.3.2	Ekstrüde polistiren köpük (XPS) levhalar			
10.3.2.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları	(≥ 25)	0,030	80-250
	030		0,035	
	035		0,040	
	040			
10.3.2.2	Ekstrüde polistiren köpüğü -TS 11989 EN 13164'e uygun - Bina su yalıtımının dış tarafında 8) örneğin çatı örtüsünün 9)			
	Isıl iletkenlik grupları			
	030	(≥ 30)	0,030	80-250
	035		0,035	
	040		0,040	
10.3.3	Poliüretan sert köpük (PUR) levhalar			
10.3.3.1	Poliüretan sert köpük TS 2193, TS 10981 ve TS EN 13165'e uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	025	(≥ 30)	0,025[15)]	30-100
	030		0,030	
	035		0,035	
	040		0,040	
10.4	Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar			
10.4.1	Fenolik sert köpük - TS EN 13166'ya uygun			
	Isıl iletkenlik grupları			
	030		0,030	10-50
	035	(≥ 30)	0,035	
	040		0,040	
	045		0,045	

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
(Değişik:RG-17/7/2009-27291) **10.5**	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü, taş yünü vb.) TS 901-1 EN 13162 [10)] 'ye uygun Isıl iletkenlik grupları 035 040 045 050	(8-500)	0,035 0,040 0,045 0,050	1
10.6 **10.6.1**	Cam köpüğü Cam köpüğü TS EN 13167'ye uygun Isıl iletkenlik grupları			
	045	(100-150)	0,045	[11)]
	050		0,050	
	055		0,055	
	060		0,060	
10.6.2	Cam köpüğü - bina su yalıtımının dış tarafında Isıl iletkenlik grupları			
	045	(110-150)	0,045	[11)]
	050		0,050	
	055		0,055	
10.7	Ahşap lifli ısı yalıtım levhaları - TS EN 13168'e uygun Isıl iletkenlik grupları			
	035	(110-450)	0,035	5
	040		0,040	
	045		0,045	
	050		0,050	
	055		0,055	
	060		0,060	
	065		0,065	
	070		0,070	
10.8	Mantar yalıtım malzemeleri Mantar levhalar - TS 304 EN 13170'e uygun Isıl iletkenlik grupları	(80-500)	0,045 0,050 0,055	5-10
	045 050			

Sıra No	Malzeme veya bileşenin çeşidi	Birim hacim kütlesi[1,2)] kg/m³	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h[3)] W/mK	Su buharı difüzyon direnç faktörü μ[4)]
	055			

1) Bu Ek'te verilen birim hacim kütleleri, bir yapı malzeme veya bileşeninin gerçek birim hacim kütlesinden farklı olabilir. Bu gibi durumlarda göz önünde bulundurulacak ısıl iletkenlik hesap değeri, esas malzemenin (meselâ, tuğla duvarda tuğlanın) kuru durumdaki birim hacim kütlesine (varsa içindeki boşluk ve delikler dâhil birim hacim kütlesi) en yakın, ancak ondan daha büyük olan birim hacim kütlesi için verilen değerdir. Bir malzeme veya bileşen için sadece bir birim hacim kütlesine bağlı olarak daha düşük veya aynı ısıl iletkenlik hesap değeri verilmişse, malzeme veya bileşenin gerçek birim hacim kütlesi farklı da olsa bu ek'teki daha düşük olmayan değer geçerlidir. Gerektiğinde, yapı malzeme veya bileşenlerinin birim alan kütlelerinin hesabında da bu ek'teki birim hacim kütleleri yukarıdaki esaslara göre göz önünde bulundurulur.

2) 10 sıra numaralı "ısı yalıtım malzemeleri" bölümünde parantez içinde verilen yoğunluk değerleri sadece birim alana tekabül eden kütlenin belirlenmesi amacıyla verilmiştir (meselâ, yaz şartlarında yapılan ısıl korumanın doğrulanması durumunda).

3) Bazı gevşek dokulu malzemeler kullanıldığı yerlerde, üzerine gelen yükler sonucu sıkışabilirler (meselâ döşeme kaplaması altındaki gevşek dokulu yalıtım tabakaları gibi). Bu gibi durumlarda malzemenin sıkışmış olarak birim hacim kütlesi, bu malzeme için bu ek'te verilen birim hacim kütlesi değerinden daha büyük değilse, verilen ısıl iletkenlik hesap değerleri aynen geçerlidir. Ancak yapılacak ısıl geçirgenlik direnci hesaplarında, malzemenin sıkışmış durumdaki kalınlığının göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca, gevşek dokulu veya sıkışabilir malzemeler üzerine yapılacak kaplamaların, üzerlerine gelecek sabit ve hareketli yükleri, zarar görmeden taşıyacak şekilde seçilmesine ve uygulanmasına özen gösterilmelidir.

4) Mü (μ) değerlerinin kullanımı ile ilgili olarak malzeme imalatçısının TSE belgeli tek değer olarak beyanı yok ise, yapı bileşenleri için her durumda verilen aralık değerlerinden küçük olanı alınır ve hesaba katılır. İlâve olarak, bina kabuğunun dış tarafında yer alan malzemeler için "μ"nün değeri olarak verilen büyük değer alınabilir. Yapı konstrüksiyonu için uygun olmayan değerler her defasında göz ardı edilir.

5) TS EN 998-2'ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m³'ün altında olan hafif örgü harcı kullanılması durumunda, bu ek'te; TS 406 kapsamında yer alan briket ve bloklarla yapılan duvarlar için verilen ısıl iletkenlik hesap değerleri 0,06 W/mK kadar azaltılabilir.

6) Kuvartz kumu katılmadan yapılmış beton elemanlar için verilen ısıl iletkenlik hesap değerleri, kuvartz kumu katılması durumunda % 20 arttırılarak uygulanır.

7) Bir yapı bileşeni veya elemanı birden fazla, değişik ısıl iletkenlik hesap değerine sahip malzemeden meydana geliyorsa, o yapı bileşeni veya elemanının ısıl iletkenliği hesap değeri; her bir malzemenin kalınlıkları ve alan/uzunlukları dikkate alınarak ısıl geçirgenlik dirençleri hesaplanır, böylece yüzey yüzde (%) veya uzunluk yüzde (%) oranlarına göre ortalama ısıl iletkenlik değerleri bulunur ve bileşen veya elemanın boyutlarına göre derz durumları da göz önünde bulundurularak hesaplanır.

8) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, toprak temaslı perde duvar yalıtımında, WD[12)] veya WS[13)] tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir:
- Isı yalıtım plakalarının her iki yüzüde zırhlı olmalıdır.
- Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda > 0,30 N/mm² (300 kPa) olmalıdır.
- TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.

9) TS 11989 EN 13164'te belirtilen özelliklere ilâveten, ters teras çatı yalıtımında, WD[12)] veya

WS[13)] tipi uygulamalarda aşağıdaki özellikler gereklidir.

- Basma mukavemeti %10 şekil bozukluğunda > 0,30 N/mm^2 (300 kPa) olmalıdır.
- TS EN 12088'e göre difüzyonla su emme oranı 50°C ilâ 1°C arasında % 3'ten az olmalıdır.
- Isı yalıtım levhalarının kenar profili binili (lâmbalı) olmalıdır.

10) Ses yalıtım malzemelerinin ambalâjlarının üzerinde ısıl iletkenlik grup değerleri verilmelidir.

11) Pratik buhar geçirmezliği değeri Sd 1500 m'dir (TS EN 12086 veya TS EN ISO 12572).

12) **WD:** Darbe ses yalıtımının aranmadığı yüke maruz kalan döşemelerde veya sıcak çatılarda nefes alan su yalıtım membranı altında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri.

13) **WS:** Özel uygulamalar için yüke maruz kaldığında daha büyük dayanım değerlerine sahip olan ısı yalıtım malzemeleri (örneğin otopark katlarında).

14) Bu Ek'in 10'uncu maddesinde verilen ısıl iletkenlik grubu tayini ile belirlenecek olan malzemelerin ısıl iletkenlik hesap değerinin ara değerlerde olması halinde, kendisinden büyük olan ilk grupta olduğu varsayılır ve hesaba katılır.

15) Sadece iki tabaka arasına püskürtme metoduyla yapılan uygulamalar için kullanılır.

16) Kalınlığı 15 mm'den küçük olan ahşap yünü levhalar, ısıl iletkenlik hesaplamalarında dikkate alınmaz.

Ek F

Yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki ve sınırlandırılması

F.1 Giriş

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olması dolayısıyla farklı kısmi buhar basınçları meydana gelir. Bu basınç farkı nedeniyle havadaki buhar molekülleri ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek yapı elemanı gözeneklerinden geçer ve dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharı bu geçişi sırasında yapı elemanı içerisinde, doyma sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıkta bir yüzeyle temas ederse, bir kısmı yoğuşarak su hâline geçer ve yapı elemanı içerisinde veya yüzeyinde birikerek yapıya zarar verir.

Yapı elemanı yüzeyindeki yoğuşma kendisini siyah lekeler, küf, mantar vb. organizma oluşumu ile göstererek, insan sağlığı ve ortamın konfor şartlarını olumsuz etkiler ve yapı malzemesinde hasarların oluşmasına neden olur. Yapı elemanları arasında meydana gelen yoğuşma ise; özellikle yapıların taşıyıcı kısımlarındaki donatıların paslanarak işlev ve dayanımlarının zamanla azalması neticesinde yapı ömrü ve deprem dayanımının olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca yoğuşma; yapı elemanlarının çürümesi, bütünlüklerinin bozulması ve ısı kayıplarının artmasına da neden olur.

Yukarıda bahsedilen olumsuz sonuçların ortadan kaldırılması için, bu standardda tarif edilen hesap metoduna göre yapı elemanlarından buhar geçişinin tahkiki, sınırlandırılması ve neticelerin raporlanması gerekmektedir. Böylece sağlıklı ve konforlu bir yaşam ile uzun ömürlü binaların yanısıra önemli oranda enerji tasarrufu da elde edilmiş olacaktır.

F.2 Hesap metodu

Bu bölümde kullanılan hesap metodu su buharı difüzyonundan dolayı yapı elemanları arasındaki yoğuşma riskinin değerlendirilmesi Ile ilgili metod belirlemektedir.

Kullanılan metod, yapım aşamasındaki suyun kuruduğunu kabul eder ve aşağıda verilen bir grup fiziksel olguyu göz önüne almaz:

a) Isıl iletkenliğin, nem miktarı ile bağımlılığı,
b) Serbest kalan ve emilen gizli ısı,
c) Nem miktarına bağlı olarak malzeme özelliklerinin değişimi,
d) Kapiler emme ve malzeme içerisinden sıvı nem (su) geçişi,
e) Çatlaklar veya hava bölümleri arasındaki hava hareketleri,
f) Malzemelerin higroskopik nem kapasiteleri.

Yapı malzemelerinin kalınlıkları, ısı geçişi ve su buharı difüzyonuna gösterdikleri direnç ve malzemelerin diziliş sırası, yapı malzemeleri içerisindeki oluşan sıcaklık dağılımı, yapının kullanım amacı ve yapının bulunduğu bölgenin iklim şartları yoğuşma oluşumuna etki eden temel faktörlerdir. Hesaplamalarda kullanılan giriş verileri aşağıda tanımlanmıştır.

F.2.1 Malzeme ve mamul özellikleri

Isıl iletkenlik hesap değeri “λ_h" ve su buharı diffüzyon direnç faktörü ”μ“ homojen malzemeler için kullanılabilirken, ısıl direnç “R” ve su buharı difüzyonu – eş değer hava tabakası kalınlığı “S_d”, öncelikle kompozit mamul veya sistemlerde kullanılır. Bütün yapı malzemelerinin ısıl iletkenlik hesap değerleri ve su buharı difüzyon direnç faktörleri Ek E’den alınmalıdır.

Hava tabakaları için R, Çizelge 2’den alınır. Hava tabakasının S_d değeri kalınlık ve eğimden bağımsız olarak 0,01 m olarak kabul edilir.

F.2.2 İç ve dış ortam şartları

Hesaplamalar için aşağıdaki sıcaklık ve bağıl nem değerleri kullanılmalıdır.

a) **Dış hava sıcaklıkları:** Dış hava sıcaklıkları Madde B.2'de verilmiştir.

b) **Yapı bileşenlerine temas eden toprak sıcaklığı:** Madde B.2'de verilen ortalama sıcaklık değerleri kullanılır.

c) **İç hava sıcaklığı:** Binanın kullanım amacına uygun olarak Madde B.1'de verilen iç sıcaklık değerleri 1°C arttırılarak kullanılır. Örneğin; konut, ofis veya benzer şartlara sahip diğer binalarda iç ortam havasının sıcaklığı 20°C (19+1) alınacaktır.

d) **Bağıl Nem:**

- İç ortamın bağıl nemi; doğal havalandırma yapılan binalarda % 65, mekanik havalandırma yapılan binalarda % 55 olarak alınır.
- Dış ortamın bağıl nemi; il ve ilçelere ait değerler Ek G'de verilmiştir (ek'te yer almayan belediyeler, bağlı oldukları ilçe veya illere ait bağıl nem değerlerini kullanacaktır).
- Toprak temaslı yapı bölümlerinde yapılan yoğuşma tahkiklerinde toprağın (dış ortamın) bağıl nemi φ_i=%100 olarak alınacaktır.

F.2.3 Özel durumlar

Binanın kullanım amacı ve işletme şartlarına uygun olarak özel şartlar gerektiren yapılarda (yüzme havuzları, tekstil fabrikalarının imalat bölümleri, vb. yapılar) iç ortam şartları için yukarıda verilen kabuller kullanılmamalıdır. Bu durumda, yapıya uygun olarak belirlenen tasarım değerleri kullanılmalıdır.

F.2.4 Tarifler

F.2.4.1 Kabul edilebilir en düşük sıcaklık değeri

Küf oluşumunun başlamaması ve konfor şartlarının bozulmaması için iç yüzey sıcaklığı $\theta_{yi,en\ düşük}$, Ek F'de verilen 2.2.c) maddesine göre kabul edilen iç ortam sıcaklık değerlerinden (çatı, duvar vb. bütün yüzeyler için) en fazla 3 ˚C, düşük olacak şekilde tasarımlanmalıdır. Bu şartın sağlandığı, örnekte verildiği şekilde yapı elemanının sıcaklık tablosunda gösterilmelidir.

F.2.4.2 Su buharı difüzyonu – eş değer hava tabakası kalınlığı

Bir yapı elemanı katmanının su buharının geçişine gösterdiği dirence eşdeğer direnci gösteren hareketsiz hava tabakasının kalınlığı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$s_d = \mu . d \quad \text{.....(F.1)}$$

Burada;
S_d : Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (m),
μ : Su buharı difüzyon direnci katsayısı (birimsiz),
d : Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m)

dır.

F.2.4.3 Bağıl nem

Hava içindeki, aynı sıcaklıktaki kısmi su buharı basıncının, doymuş durumdaki su buharı kısmi basıncına oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\varphi = \frac{p}{p_s} \quad \text{.....(F.2)}$$

Burada;
p : Kısmi su buharı basıncı (Pa),
φ : Bağıl nem (birimsiz),
p_s : "θ" sıcaklığındaki, doymuş su buharı basıncı (Pa), (Çizelge F.1[1])
dır.

[1] Doymuş su buharı basıncı (p_s) aynı zamanda eşitlik 5 ve eşitlik 6 kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanabilir.

Bağıl nem (φ), bir ondalık kesir hâlinde denklemde yer almalıdır.

F.2.4.4 Yüzeyin kritik nemi

Yüzeyin bozulmasına, özellikle küf oluşumuna neden olan yüzeydeki bağıl nem olarak tanımlanır. Bağıl nem değerinin, kısa süreler için bile % 80 ve üstündeki bir oranda yüksek olması durumunda, yüzeylerde küf oluşma riski vardır.

F.2.4.5 Doymuş buhar basıncı ve sıcaklığı

Doymuş buhar basıncının bir fonksiyonu olarak sıcaklık, aşağıda verilen denklemler ile bulunabilir.

$$\theta = \frac{237{,}3 \log_e\left(\frac{p_s}{610{,}5}\right)}{17{,}269 - \log_e\left(\frac{p_s}{610{,}5}\right)} \qquad p_s \geq 610{,}5\,\text{Pa} \quad \text{için} \tag{F.3}$$

$$\theta = \frac{265{,}5 \log_e\left(\frac{p_s}{610{,}5}\right)}{21{,}875 - \log_e\left(\frac{p_s}{610{,}5}\right)} \qquad p_s < 610{,}5\,\text{Pa} \quad \text{için} \tag{F.4}$$

Bir diğer seçenek ise eşitlik 5 ve eşitlik 6'ya göre doymuş buhar basıncı değerinden sıcaklığı bulmak için p_s (doyma basıncı) ile θ (sıcaklık) arasındaki ilişkiyi gösteren bir tablo veya bir grafik hazırlanmasıdır.

$$p_s = 610{,}5\, e^{\frac{17{,}269\theta}{237{,}3+\theta}} \qquad \theta \geq 0\ °C \quad \text{için} \tag{F.5}$$

$$p_s = 610{,}5\, e^{\frac{21{,}875\theta}{265{,}5+\theta}} \qquad \theta < 0\ °C \quad \text{için} \tag{F.6}$$

eşitlik 5 ve eşitlik 6; sıcaklığın fonksiyonu olarak suyun doymuş buhar basıncını veren ampirik eşitliklerdir. Bu eşitliklerin yerine doymuş su buharı tabloları da kullanılabilir. Çizelge 1'de 30,9 ˚C ilâ (- 20,9°C) arasındaki sıcaklıklarda doymuş su buharı basıncı değerleri tablo hâlinde verilmiştir.

F.2.4.6 Yüzeysel ısıl iletim direnci

Yoğuşma tahkiki hesaplamalarında yapı elemanları iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısıl iletim direnç değerleri için R_i = 0,25 m^2K/W ve R_e = 0,04 m^2K/W değerleri kullanılmalıdır.

Çizelge F.1 - (30,9 ˚C) ilâ (- 20,9 °C) arasındaki sıcaklıklarda doymuş su buharı basıncı

Doymuş su buharı basıncı (Pa)										
Sıcaklık °C	**,0**	**,1**	**,2**	**,3**	**,4**	**,5**	**,6**	**,7**	**,8**	**,9**
30	4241	4265	4289	4314	4339	4364	4389	4414	4439	4464
29	4003	4026	4050	4073	4097	4120	4144	4168	4192	4216
28	3778	3800	3822	3844	3867	3889	3912	3934	3957	3980
27	3563	3584	3605	3626	3648	3669	3691	3712	3734	3756
26	3359	3379	3399	3419	3440	3460	3480	3501	3522	3542
25	3166	3185	3204	3223	3242	3261	3281	3300	3320	3340
24	2982	3000	3018	3036	3055	3073	3091	3110	3128	3147
23	2808	2825	2842	2859	2876	2894	2911	2929	2947	2964
22	2642	2659	2675	2691	2708	2724	2741	2757	2774	2791
21	2486	2501	2516	2532	2547	2563	2579	2594	2610	2626
20	2337	2351	2366	2381	2395	2410	2425	2440	2455	2470
19	2196	2210	2224	2238	2252	2266	2280	2294	2308	2323
18	2063	2076	2089	2102	2115	2129	2142	2155	2169	2182
17	1937	1949	1961	1974	1986	1999	2012	2024	2037	2050
16	1817	1829	1841	1852	1864	1876	1888	1900	1912	1924
15	1704	1715	1726	1738	1749	1760	1771	1783	1794	1806
14	1598	1608	1619	1629	1640	1650	1661	1672	1683	1693
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1567	1577	1587
12	1402	1411	1420	1430	1439	1449	1458	1468	1477	1487
11	1312	1321	1330	1338	1347	1356	1365	1374	1383	1393
10	1227	1236	1244	1252	1261	1269	1278	1286	1295	1303
9	1147	1155	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219
8	1072	1080	1087	1094	1102	1109	1117	1124	1132	1140
7	1001	1008	1015	1022	1029	1036	1043	1050	1058	1065
6	935	941	948	954	961	967	974	981	988	994
5	872	878	884	890	897	903	909	915	922	928
4	813	819	824	830	836	842	848	854	860	866
3	757	763	768	774	779	785	790	796	801	807
2	705	710	715	721	726	731	736	741	747	752
1	656	661	666	671	676	680	685	690	695	700
0	611	615	619	624	629	633	638	642	647	652
0	611	616	621	626	631	636	641	647	652	657
-1	562	567	571	576	581	586	591	596	601	605
-2	517	521	526	530	535	539	544	548	553	557
-3	475	479	484	488	492	496	500	504	509	513
-4	437	441	444	448	452	456	460	464	468	471
-5	401	405	408	412	415	419	422	426	430	433
-6	368	371	375	378	381	384	388	391	394	398
-7	338	341	344	347	350	353	356	359	362	365
-8	309	312	315	318	320	323	326	329	332	335
-9	283	286	288	291	294	296	299	301	304	307
-10	259	262	264	266	269	271	274	276	278	281
-11	237	239	241	244	246	248	250	252	255	257
-12	217	219	221	223	225	227	229	231	233	235
-13	198	200	202	203	205	207	209	211	213	215
-14	181	182	184	186	187	189	191	193	194	196
-15	165	166	168	169	171	173	174	176	177	179
-16	150	152	153	154	156	157	159	160	162	163
-17	137	138	139	141	142	143	145	146	147	149
-18	124	126	127	128	129	130	132	133	134	135
-19	113	114	115	116	117	119	120	121	122	123

-20	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112

F.2.5 Yapı elemanları içindeki yoğuşmanın hesaplanması

F.2.5.1 Genel

Bir yapı elemanının iki yüzü arasında, sıcaklıkların ve bağıl nemin farklı olmasından kaynaklanan farklı buhar basınçları meydana gelir. Isıtma periyodu olan kış mevsimini dikkate aldığımızda, genellikle iç tarafta yüksek buhar basıncı vardır ve iç ortamda gaz hâlinde bulunan su buharı ısı akımı ile aynı yönde hareket ederek dış ortama ulaşmaya çalışır. Su buharının dış ortama gaz olarak ulaşması hâlinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısıl performansı açısından bir problem yoktur. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence ve malzemelerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçerken, su buharının gaz hâlinden sıvı hâle geçmesi, yani yoğuşması ihtimali mevcuttur. Bu hesaplama metodları genellikle “Glaser dları” olarak anılır.

İstenmeyen bir durum olan yoğuşmanın meydana gelme riski, aşağıda tanımlanan metodla tahkik edilmeli ve yoğuşma olması hâlinde Madde F.2.5.7’de verilen şartlar sağlanmalıdır.

F.2.5.2 Prensip

Yoğuşmanın, tahmin edildiği ilk aydan başlayarak, ortalama aylık dış şartlar, yılın her bir ayı için yoğuşma veya buharlaşma miktarının hesaplanmasında kullanılır. Yoğuşmanın meydana geldiği bu ayların sonunda biriken yoğuşma suyu miktarı ile yılın geri kalan bölümündeki buharlaşma miktarı karşılaştırılır. Tek boyutlu, kararlı rejim şartları kabul edilir. Yapı elemanları içerisinden olan hava hareketleri ele alınmaz.
Aşağıda verilen eşitlikle, nem geçişinin sadece su buharı difüzyonundan olduğu kabul edilir.

$$g = \frac{\delta_0}{\mu}\frac{\Delta p}{\Delta x} = \delta_0 \frac{\Delta p}{s_d} \quad \text{.....(F.7)}$$

$\delta_0 = 2x10^{-10}$ kg/(m.s.Pa) dır.

Burada δ_o, su buharı difüzyon direnci olup sıcaklık ve barometrik basınca bağlı olarak çok küçük değişiklikler göstermektedir. Bu standardda bu değişkenlerin etkileri ihmal edilmiştir.

Birim alandaki ısı akış miktarı aşağıdaki eşitlikle verilmiştir

$$q = \lambda \frac{\Delta\theta}{d} = \frac{\Delta\theta}{R} \quad \text{.....(F.8)}$$

Burada $\Delta\theta$ sıcaklık farkı olup, ısıl iletkenlik “λ" ve ısıl direnç “R” değerlerinin sabit olduğu kabul edilmektedir. Paralel yerleştirilmiş homojen malzemeler için, $R = d/\lambda$’dır.

F.2.5.3 Hesaplamalar

F.2.5.3.1 Malzeme özellikleri

Metal levhalar gibi bazı malzemeler, etkili bir şekilde su buharı geçişini önlerler ve bu sebeple sonsuz μ değerine sahiptirler. Bununla birlikte hesaplama işlemi için malzemenin sonlu bir μ değerinin olması gerektiğinden bu tür malzemeler için μ değeri 100.000 olarak alınacaktır.

Dıştan içe doğru “n” adet ara yüzeyin toplanmış su buharı difüzyon – eş değer hava tabakası kalınlığı hesaplanır.

$$R_n' = R_e + \sum_{j=1}^{n} R_j$$

(F.9)

$$s^{I}_{d,n} = \sum_{j=1}^{n} s_{d,j}$$

(F.10)

Toplam ısıl direnç ve su buharı difüzyon – eşdeğer hava tabakası kalınlığı eşitlik (11) ve eşitlik (12) ile verilmiştir.

$$R^{I}_{T} = R_i + \sum_{j=1}^{N} R_j + R_e \qquad \text{(F.11)}$$

$$s^{I}_{d,T} = \sum_{j=1}^{N} s_{d,j} \qquad \text{(F.12)}$$

F.2.5.3.2 Isı akış yoğunluğu, sıcaklık ve doymuş buhar basıncı dağılımı

Isı akış yoğunluğu
Bir yapı elemanının ısı akış yoğunluğu (q), eşitlik 13'e göre hesaplanır.

$$q = U.(\theta_i - \theta_e) \qquad \text{(F.13)}$$

Burada ;
U : Isıl geçirgenlik kat sayısı (W/m^2K),
θ_i : İç ortam sıcaklığı (°C),
θ_e : Dış ortam sıcaklığı (°C)
dır.

İç yüzey sıcaklığı
Bir yapı bileşeninin iç yüzey sıcaklığı (θ_{yi}), eşitlik 14'e göre hesaplanır.

$$\theta_{yi} = \theta_i - R_i.q \qquad \text{(F.14)}$$

Burada ;
θ_{yi} : İç yüzey sıcaklığı (°C),
R_i : İç yüzeyin yüzeysel ısıl geçirgenlik direnci,
q : Isı akış yoğunluğu (W/m^2)
dur.

Dış yüzey sıcaklığı
Bir yapı bileşeninin, dış yüzey sıcaklığı (θ_{yd}), eşitlik 14'e göre hesaplanır.

$$\theta_{yd} = \theta_e + R_e.q \qquad \text{(F.15)}$$

Burada ;
θ_{yd} : Dış yüzey sıcaklığı (°C),
R_e : Dış yüzeyin yüzeysel ısıl geçirgenlik direnci
dir.

Ara yüzey sıcaklıkları
Malzemeler arasındaki her bir ara yüzey için sıcaklık değeri aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır.

$$\theta_n = \theta_e + \frac{R^{I}_{n}}{R^{I}_{T}}(\theta_i - \theta_e)$$

veya

$$\theta_1 = \theta_{yi} - R_1.q$$

$$\theta_2 = \theta_1 - R_2.q$$
: : :
: : :
$$\theta_n = \theta_{n-1} - R_n.q \quad \text{(F.16)}$$

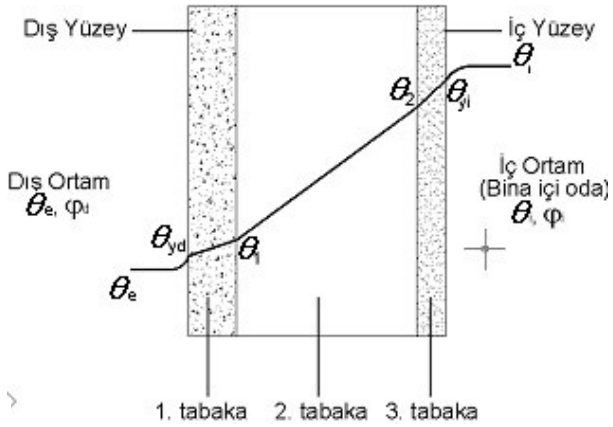
$$R = \frac{1}{\Lambda} = \frac{d}{\lambda_h} \quad \text{(F.17)}$$

Burada;

R : Yapı bileşeninin ısıl geçirgenlik direnci (m^2.K/W),
d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),
λ_h : Yapı bileşeninin ısıl iletkenlik hesap değeri (W/m.K)

dir.

Sürekli rejim şartlarının kabulünden dolayı her bir katman için sıcaklık dağılımı doğrusal olarak verilmiştir (Şekil F.1).



Şekil F.1 – Çok katmanlı bir yapı elemanındaki sıcaklık dağılımı

Her bir malzeme katmanı arasındaki ara yüzeylerdeki sıcaklığa göre su buharı doyma basıncı hesaplanır.

Not - Sıcaklığın fonksiyonu olarak, su buharının doyma basıncı denklem 5 ve/veya eşitlik 6'ya göre hesaplanır.

F.2.5.3.3 Başlangıç ayı

Başlangıç ayı, yapı bileşeninin herhangi bir yerinde yıl içerisinde yoğuşma gerçekleşmesi hâlinde, yoğuşmanın başladığı ilk aydır. Hesaplamalara başlangıç ayından başlanarak, sıcaklık, su buharı doyma basıncı ve bileşen içerisindeki buhar dağılımları bulunarak başlanır. Hesabı yapılan yapı bileşeninde yoğuşma tespit edilmesi hâlinde Madde 2.5.7'de belirtilen kriterlere uygun olacak şekilde ve bu maddede belirtilen metodlara göre yoğuşan suyun kütlesi hesaplanır. Başlangıç ayının tespiti ve hesaplamalar aşağıdaki verilenlerden uygun olana göre yapılır.

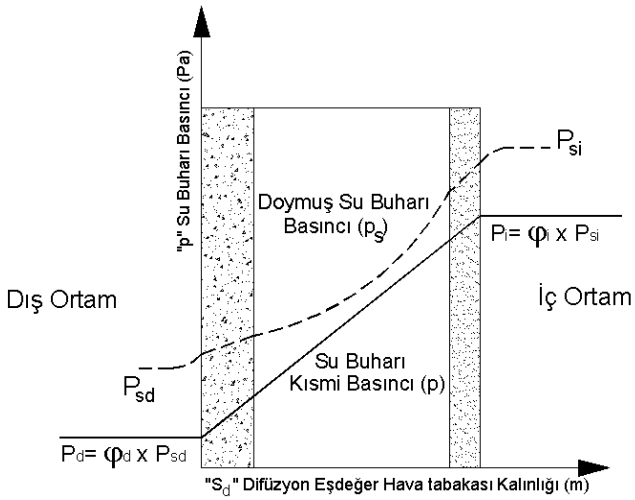
a) 12 aydan herhangi bir tanesinde yoğuşma bulunmamışsa, bileşende yoğuşma oluşmadığı raporlanır.

b) 12 aydan herhangi biri veya bir kaçında yoğuşma bulunursa yıl içerisindeki yoğuşmanın görüldüğü ilk ay başlangıç ayı olarak alınır ve bu aydan sonraki her ay için hesaplamalar yapılarak yoğuşan suyun kütlesi bulunur.

c) 12 ayın tamamında yoğuşma belirlenmişse, herhangi bir aydan başlanarak, yapı bileşeni içerisindeki yoğuşan suyun kütlesi hesaplanır.

F.2.5.3.4 Buhar basıncı dağılımı

Her bir katmanın buhar difüzyon – eş değer hava tabakası kalınlığı S_d'ye göre yapı elemanının kesiti çizilir (Şekil F.2). Malzemeler arasındaki her bir ara yüzeydeki doymuş buhar basınçları düz çizgiler ile birleştirilerek çizilir.



Şekil F.2 – Çok katmanlı bir yapı elemanındaki buhar basınç dağılımı

F.2.5.4 Yoğuşma hesabı

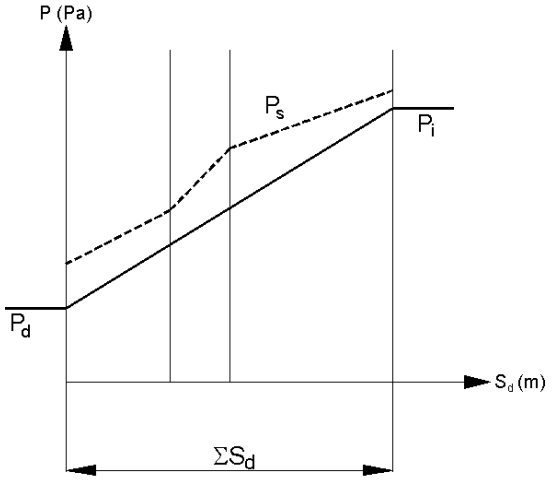
Bir önceki ayda yoğuşma birikmesi yoksa, iç ve dış buhar basıncı (p_i ve p_d) arasında düz bir çizgi şeklinde buhar basınç profili çizilir. Bu çizgi herhangi bir ara yüzeyde doyma basıncını aşmıyorsa yoğuşma meydana gelmez.

Yapı bileşeni içerisindeki su buharı doyma basıncının, bileşen içerisindeki her noktada, buhar doyma basıncı değerinden küçük olduğu durum (Şekil F3).

Yapı bileşeni içerisindeki buhar akış miktarı (debi) eşitlik 18 ile hesaplanır.

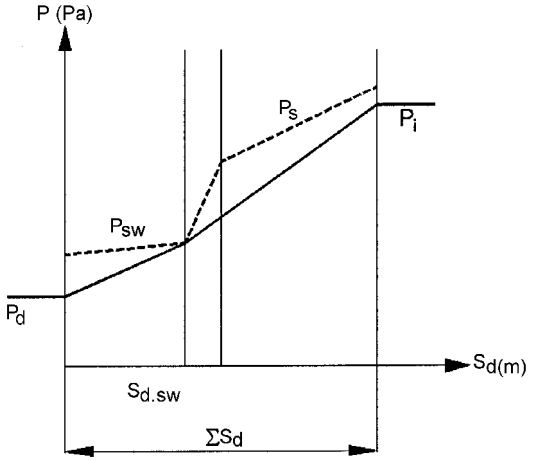
$$g = \delta_o x \frac{p_i - p_d}{s_{d.T}'}$$

(F.18)



Şekil F.3 – İçerisinde herhangi bir yoğuşmanın olmadığı çok katmanlı bir yapı elemanında buhar difüzyonu

Buhar basıncı herhangi bir ara yüzeyde doyma basıncını aşıyorsa, buhar basıncı çizgileri seri (dizi) olarak, su buharı doyma basıncı profilinde mümkün olduğunca bir kaç noktada teğet olacak, fakat geçmeyecek şekilde tekrar çizilir (Şekil F.4 ve Şekil F.5). Bu noktalar, yoğuşma ara yüzeyleridir.

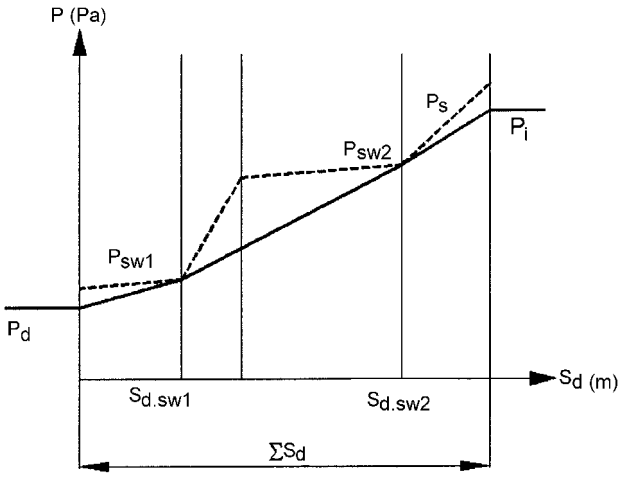


Şekil F.4 - Yapı elemanı içerisindeki bir ara yüzey düzleminde yoğuşmanın olduğu durumdaki su buhar difüzyonu.

Yoğuşma miktarı, taşınan nem miktarı ile yoğuşmanın olduğu ara yüzeyden taşınan nem miktarı arasındaki farktır:

$$g_{sw} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw}}{s'_{d,T} - s'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{s'_{d,sw}} \right) \quad \text{.....(F.19)}$$

Birden fazla yoğuşma ara yüzeyine sahip bir yapı bileşeninde, her bir ara yüzey için yoğuşma miktarının kaydı (değeri) tutulur.

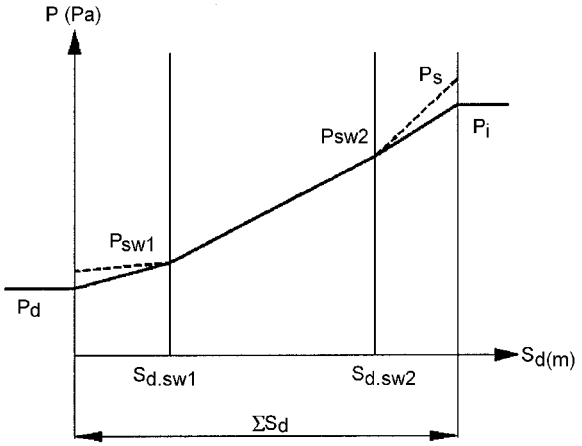


Şekil F.5 - Yapı elemanı içerisindeki iki ara yüzeyde yoğuşmanın olduğu durumdaki su buhar difüzyonu

İki yoğuşma ara yüzeyi oluşması durumunda yoğuşma miktarı; her bir yoğuşma ara yüzey için birbirini izleyen düz çizgiler arasındaki eğim farkından hesaplanır (Şekil F.5).

Ara yüzey 1: $$g_{sw1} = \delta_o \left(\frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{s'_{d,sw2} - s'_{d,sw1}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{s'_{d,sw1}} \right)$$ .....(F.20)

Ara yüzey 2: $$g_{sw2} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{s'_{d,T} - s'_{d,sw2}} - \frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{s'_{d,sw2} - s'_{d,sw1}} \right)$$ .....(F.21)



Şekil F.6 - Yapı elemanı içerisinde yüzey boyunca yoğuşma olduğu durumdaki su buhar difüzyonu

Yapı elemanı içersinde ara yüzey boyunca yoğuşma oluşması durumunda yoğuşma miktarı; aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Şekil 6):

$$g_{sw1} = \delta_o \left(\frac{p_{sw1} - p_d}{S'_{d.sw1}} - \frac{p_i - p_{sw2}}{S'_{dT} - S_{d,sw2}} \right)$$ .....(F.22)

Önemli Not : 18'den 22'ye kadar verilen eşitliklerde 1 saniyedeki yoğuşma miktarını vermekte olup aylık yoğuşma miktarını bulmak için elde edilen miktarın saniye cinsinden 1 ay'lık süre ile çarpılması gerekmektedir. Bu süre daha önce ısı yalıtım hesaplarında kullanılan zaman ile aynıdır (t = 86400 x 30).

$m_y = g \times t$ *(kg/m²)*.....(F.23)

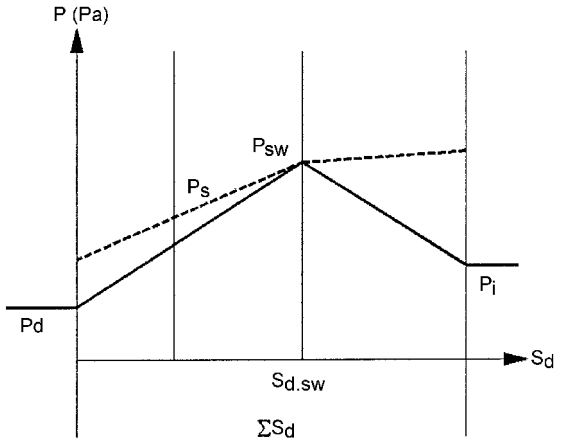
Burada;
m_y : Yoğuşan ve/veya buharlaşan suyun miktarı (kütlesi),
g : 1 saniyede yoğuşan ve/veya buharlaşan suyun miktarı (kütlesi),
t : Saniye olarak 1 aylık zaman (86400 x 30)

dır.

F.2.5.5 Buharlaşma

Bir veya daha fazla ara yüzeyde, önceki aylardan biriken yoğuşma olduğunda, su buharı basıncı, doyma basıncına eşit olmalı ve buhar basıncı profili, yoğuşma ara yüzeyleri, dış buhar basıncı ve iç buhar basıncını temsil eden değerler arasına düz doğru olarak çizilmelidir (Şekil

F.7). Buhar basınç değerleri, doyma değerlerini herhangi bir ara yüzeyde aşıyorsa, Madde F.2.5.4'e göre buhar basınç eğrileri tekrar çizilir.



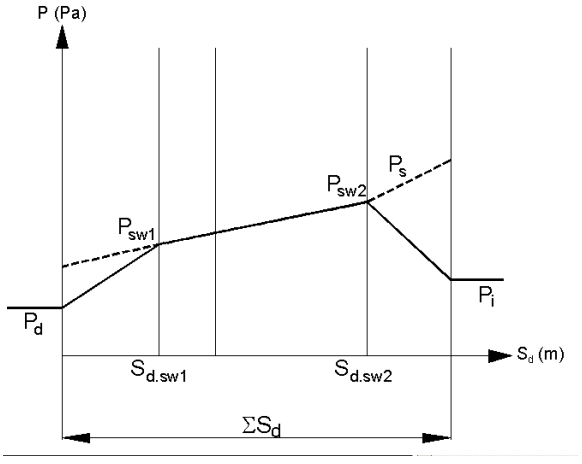
Şekil F.7 – Yapı bileşeninin bir ara yüzeyindeki buharlaşma

Buharlaşma miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$g_{ev} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw}}{s'_{d,T} - s'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{s'_{d,sw}} \right) \quad \text{.....(F.24)}$$

Not - Buharlaşma ve yoğuşma miktarları için ifadeler aynıdır. İfade pozitif (+) ise yoğuşma, negatif ise (-) buharlaşma oluşur.

Bir yapı bileşeni içerisinde birden fazla yoğuşma ara yüzeyi oluşması durumunda buharlaşma miktarı; her bir ara yüzey için ayrı ayrı hesaplanır (Şekil 8).



Şekil F.8 – Bir yapı bileşeni içerisinde 2 ara yüzeyde yoğuşma oluştuğunda buharlaşma

İki buharlaşma ara yüzeyi için buharlaşma miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır (Şekil 8).

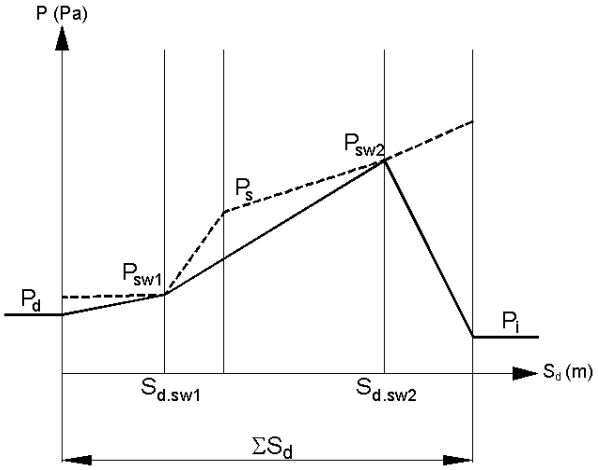
Ara yüzey 1'de: $$g_{ev1} = \delta_o \left(\frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{s'_{d,sw2} - s'_{d,sw1}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{s'_{d,sw1}} \right) \quad \text{.....(F.25)}$$

Ara yüzey 2'de: $$g_{ev2} = \delta_o \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{s'_{d.T} - s'_{d,sw2}} - \frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{s'_{d.sw2} - s'_{d,sw1}} \right)$$ .....(F.26)

Hesaplanan ay sonudaki bir ara yüzeydeki biriken yoğuşma miktarı negatif ise bu değer 0 "sıfır" olarak alınır.

F.2.5.6 Buharlaşma ve yoğuşma

Birden fazla yoğuşma ara yüzeyinin olduğu bir yapı bileşeni içerisinde, bir ara yüzeyde yoğuşma, diğer ara yüzeyde buharlaşmanın olduğu aylar olabilir (Şekil 9).



Şekil F.9 – Bir ara yüzde buharlaşma ve iki ara yüzde yoğuşmanın oluştuğu durum

Yoğuşma miktarı g_{sw} veya buharlaşma miktarı g_{ev} her ara yüzey için ayrı olarak hesaplanır :

Katman 1 ve Katman 2 arasındaki yoğuşma : $$g_{sw} = \delta_0 \left(\frac{p_{sw2} - p_{sw1}}{s'_{d.sw2} - s'_{d.sw1}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{s'_{d.sw1}} \right)$$ ....(F.27)

Katman 3 ve Katman 4 arasındaki buharlaşma : $$g_{ev} = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_{sw2}}{s'_{d.T} - s'_{d.sw2}} - \frac{p_{sw1} - p_d}{s'_{d.sw2} - s'_{d.sw1}} \right)$$ .....(F.28)

F.2.5.7 Yapıların değerlendirilmesinde kullanılan kriterler

a), b), c), d) ve e) maddelerine göre hesaplama sonuçları rapor edilir.

a) Herhangi ayda herhangi ara yüzeyde yoğuşma olmaması durumu

Bu durumda yapının, yapı elemanları arasındaki yoğuşmanın olmadığı rapor edilir.

b) Bir veya daha çok ara yüzeyde yoğuşma olması durumu

Yapı bileşenlerinin kararlılığı ve bu yapı bileşeni içerisinde kullanılmış olan ısı yalıtım malzemesinin, bünyelerindeki nem muhtevasındaki artış nedeniyle zayıflamamaları veya bozulmamaları için aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir.

b.1 Yoğuşma esnasında ilgili yapı bileşeninin içinde toplanan su miktarının, buharlaşma süresi boyunca buharlaşarak tekrar çevredeki atmosfere verilebilmesi sağlanmalıdır. Yoğuşan su miktarının tamamının buharlaşma süresi boyunca sistemden uzaklaşmaması durumunda yapı bileşeni yeniden tasarımlanmalı ve uygunluk sağlanana kadar yoğuşma tahkiki tekrarlanmalıdır.

b.2 Tavan, duvar ve yapı bileşenlerinde oluşan yoğuşma suyu kütlesinin miktarı toplam olarak 1,0 kg/m^2'yi aşmamalıdır. Bu şart aşağıdaki b.3) ve b.4) maddeleri için geçerli değildir.

b.3 Betonarme duvarlara içeriden yalıtım yapılması durumunda, müsaade edilen yoğuşma suyu kütlesinin miktarı 0,5 kg/m^2'yi aşmamalıdır.

b.4 Ahşap malzemelerdeki nem muhtevasının kütle cinsinden ifade edildiği durumda, ahşap malzemenin kütlesinin nem nedeniyle %5'ten daha fazla artmasına izin verilmez. İşlenmiş ahşap mamullerinde (sunta vb.) ise %3'ten daha fazla artmamalıdır.

c) Yapı elemanının iç yüzeyinde yoğuşma meydana gelmesi durumu

Bu durumdaki yapı elemanı standarda uygun değildir ve yeniden tasarımlanarak uygunluk sağlanana kadar yoğuşma tahkiki tekrarlanmalıdır.

d) Grafiklerin rapor edilmesi

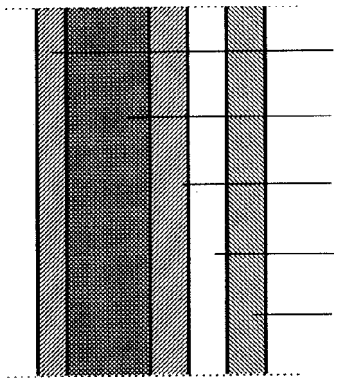
Yoğuşma hesabı yapılan yapı bileşeninde hiçbir ayda yoğuşma gerçekleşmemiş olsa bile en azından Aralık ve Ocak ayları için difüzyon akış grafikleri raporda yer almalıdır. Yılın bir veya birden fazla ayında yoğuşma gerçekleşmişse bu durumda yoğuşmanın başladığı ayın bir önceki ayından başlanıp yoğuşmanın en son gerçekleştiği aydan bir sonraki ay'da dâhil olmak üzere difüzyon akış grafiklerine yer verilmelidir (örneğin bir yapı elemanında Kasım, Aralık ve Ocak aylarında yoğuşma gerçekleşmişse Ekim ve Şubat ayını da kapsayacak şekilde söz konusu yapı elemanı için toplam 5 adet grafik verilecektir).

e) Çizelgelerin rapor edilmesi

Hesaplanan her bir yapı elemanı için Ek H'de verilen bütün çizelgeler, yapılan projeye uygun olarak düzenlenerek rapor edilmelidir.

Yoğuşma örneği

Özellikle ahşaptan mamul malzemelerdeki kısıtlamanın da hesaplamalarda gösterilmesi amacıyla, örnek bina duvarı prefabrik bir yapıdan seçilmiştir. Diğer bütün hesaplamalarda benzer şekilde yapılacaktır. Örnek bina duvarının, 3'ncü derece-gün bölgesinde bulunan Ankara ilinde inşa edildiği varsayılmış, yoğuşma hesaplamaları için Ankara'nın bağıl nem değerleri ve 3. Bölge için yoğuşma hesaplamalarında kullanılmak üzere Madde B.2'de verilen dış sıcaklık değerleri kullanılmıştır.



3'üncü bölge için Ek 2 B'de verilen dış sıcaklık değerleri, Ek 7'de verilen Ankara iline ait dış ortamın bağıl nem değerleri ile tüm hesaplamalarda bütün aylar için alınacak olan iç ortam sıcaklığı ve iç ortamın bağıl nem değerleri aşağıdaki gibidir.

	Dış ortam sıcaklığı (°C)	**Dış ortam bağıl nemi (%)**	**İç ortam sıcaklığı (°C)**	**İç ortam bağıl nemi (%)**
Ocak	-0,3	0,76		
Şubat	0,1	0,71		
Mart	4,1	0,65		

Nisan	10,1	0,62	20	65
Mayıs	14,4	0,59		
Haziran	18,5	0,55		
Temmuz	21,7	0,49		
Ağustos	21,2	0,48		
Eylül	17,2	0,52		
Ekim	11,6	0,62		
Kasım	5,6	0,72		
Aralık	1,3	0,78		

Çizelge F.2 - Yapı bileşeninin termofiziksel özellikleri çizelgesi

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka kalınlığı d	Su buharı difüzyon direnci katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı S_d	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı (kümülâtif) S_{dT}	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h	Yüzeysel ısıl iletkenlik direnci, malzemenin ısıl direnci R	Yüzeysel ısıl iletkenlik direnci, malzemenin ısıl direnci (kümülâtif) R_T
-	-	m	-	m	M	W/(m.K)	m^2.K/W	m^2.K/W
1	Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletkenlik direnci	-	-	-	-	-	0,04	0,04
2	Ek E sıra no 8.2.2.1 ‘de verilen 19 mm yatık yonga levha	0,019	50	0,95	0,95	0,13	0,15	0,186
3	Ek E sıra no 10.3.3.1 de verilen polistiren sert köpük levha	0,10	20	2,00	2,95	0,04	2,50	2,686
4	Ek E sıra no 8.2.2.1 ‘de verilen 19 mm yatık yonga levha	0,019	50	0,95	3,9	0,13	0,15	2,832
5	İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletkenlik direnci	-	-	-	-	-	0,25	3,082
				S_{dT} = 3,9 m			1/U = 3,082	

U = 1/3,082 = 0,324 W/m^2K

Madde B.2 ve ilgili eşitliklerden faydalanarak bu yapı bileşeninin sıcaklık ve basınç dağılımları, yoğuşma ve buharlaşma miktarları her ay için ayrı ayrı çıkarılır. Ayrıca bu ek’te belirtildiği şekilde gereken grafiklerde çizilecektir.

$q = U.(\theta_i - \theta_e)$ eşitliğinden her ay için değişen ısı akış yoğunluğu,

$\theta_{yi} = \theta_i - R_i.q$ ve $\theta_{yd} = \theta_d + R_e.q$ eşitliklerinden iç ve dış yüzey sıcaklıkları,

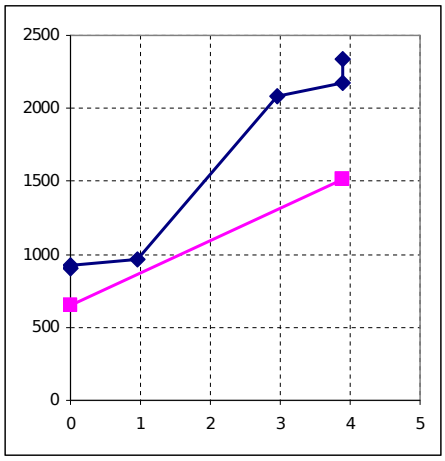
$\theta_1 = \theta_{yi} - R_1.q$ ve $\theta_2 = \theta_1 - R_2.q$ eşitliklerinden ise ara sıcaklıklar hesaplanır ve sıcaklıklara karşılık gelen doymuş buhar basınçları Çizelge1’ den okunarak grafikler çizilir.

Çizelge F3 - Yapı bileşeninin basınç ve sıcaklık dağılımı çizelgesi

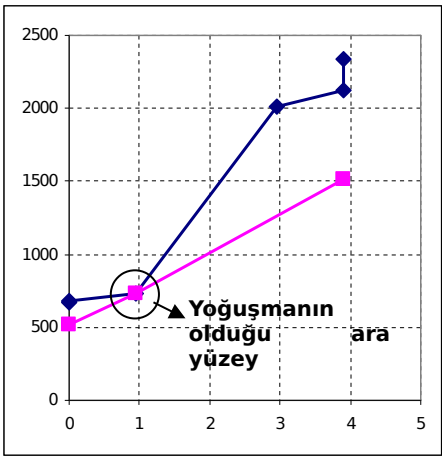
	Kasım		Aralık		Ocak		Şubat		Mart	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)
Dış ortam	5,6	909	1,3	671	-0,3	596	0,1	615	4,1	819
Dış yüzey	5,8	921	1,5	683	0,0	609	0,4	627	4,3	831
1. Ara yüzey	6,5	965	2,4	727	0,9	653	1,3	671	5,1	876
2. Ara yüzey	18,1	2082	17,6	2011	17,4	1985	17,4	1992	18,0	2057
İç	18,8	2173	18,5	2126	18,4	2109	18,4	2113	18,7	2157

yüzey										
İç ortam	20,0	2337	20,0	2337	20,0	2337	20,0	2337	20,0	2337

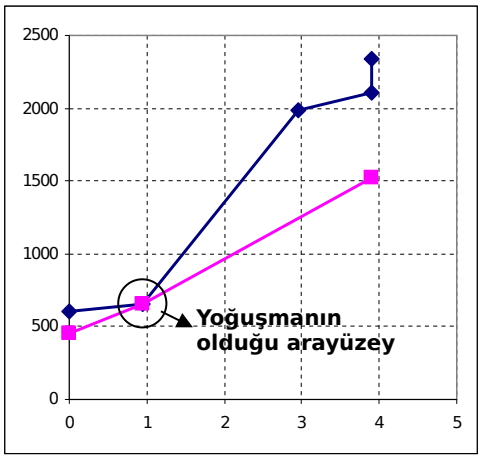
Ele alınan yapı bileşeninde tek noktada yoğuşma gerçekleşmiştir. Aralık, ocak ve şubat aylarında yoğuşma gerçekleşmiş olup bu standardda belirtilen bir gereklilik olması nedeniyle bu aylarla birlikte bir ay öncesi olan kasım ayı ve bir ay sonrası olan mart ayları için de grafikler verilmelidir.



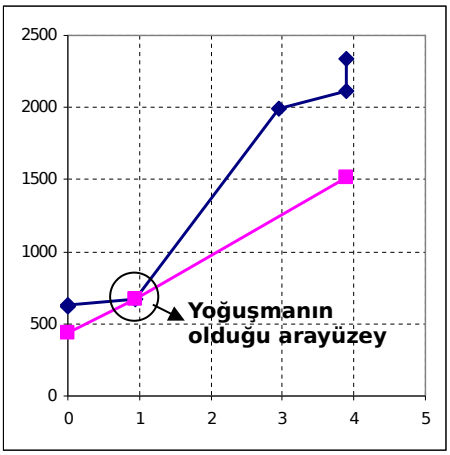
Kasım ayı difüzyon grafiği



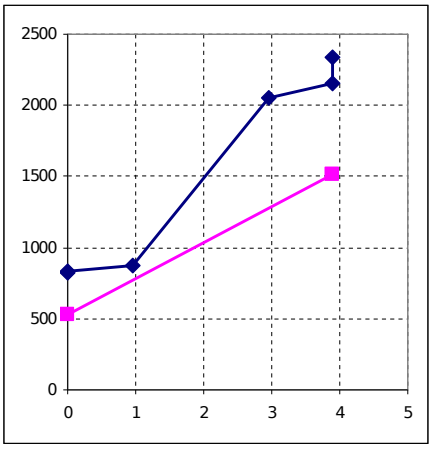
Aralık ayı difüzyon grafiği



Ocak ayı difüzyon grafiği



Şubat ayı difüzyon grafiği



Mart ayı difüzyon grafiği

Aşağıda verilen eşitlik ile yoğuşma ve buharlaşma hesaplanarak aşağıda verilmiştir. Pozitif olan değerler yoğuşma, negatif değerler ise buharlaşmayı göstermektedir.

$$g = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_{sw}}{s'_{d,T} - s'_{d,sw}} - \frac{p_{sw} - p_d}{s'_{d,sw}} \right) \qquad \text{(F.29)}$$

$p_i = \varphi_i . p_{si} = 0,65 \times 2337 = 1519,0$ Pa

Ocak ayı için örnek bir hesaplama yapılırsa yoğuşan suyun kütlesi ;

$p_{d,ocak} = \varphi_d . p_{sd} = 0,76 \times 596 = 452,6$ Pa

$p_{sw} = 653$ Pa

$$g_{sw,ocak} = 2 \times 10^{-10} \left(\frac{1519 - 653}{3,9 - 0,95} - \frac{653 - 452,6}{0,95} \right)$$

$$g_{sw,ocak} = 1,656 \times 10^{-8}$$

$m_y = g \times t$ (kg/m²) t = 86400 x 30 (saniye olarak 1 ay)

$m_y = 1,656 \times 10^{-8} \times (86400 \times 30) = 0,0429$ kg/m²
bulunur. Benzer hesap diğer aylara da uygulandığında Çizelge F.4'te verilen sonuçlar elde edilir.

Çizelge F.4 - Yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktarı çizelgesi

Aylar	θ_e (°C)	φ_d (%)	m_y (kg/m²)	Σm_y (kg/m²) (kümülatif)
Aralık	1,3	0,78	0,0278	0,0278
Ocak	-0,3	0,76	0,0429	0,0707
Şubat	0,1	0,71	0,0213	0,0920
Mart	4,1	0,65	-0,0743	0,0176
Nisan	10,1	0,62	-0,2427	-0,2251
Mayıs	14,4	0,59	-0,4142	0,000
Haziran	18,5	0,55	-0,6385	0,000
Temmuz	21,7	0,49	-0,8993	0,000
Ağustos	21,2	0,48	-0,8812	0,000
Eylül	17,2	0,52	-0,6067	0,000
Ekim	11,6	0,62	-0,2896	0,000
Kasım	5,6	0,72	-0,0724	0,000

Yoğuşmanın gerçekleştiği 3 aydaki yoğuşan suyun toplam kütlesi 0,092 kg/m²'dir. Yapı elemanında biriken su, Mart ayından itibaren buharlaşmaya başlamakta ve Nisan ayından sonra sistemde su kalmamaktadır.

Sonuç :

1. İç yüzey sıcaklıkları $\theta_{yi} > 17$°C olduğundan küf oluşma riski yoktur.
2. Aralık, ocak ve şubat aylarında toplam 0,092 kg/m² yoğuşma gerçekleşmiştir. Ancak bu miktardaki su miktarı sınır değer olan 1 kg/m²'den daha küçük olduğundan kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır.
3. Yoğuşan suyun tamamı yaz aylarında buharlaşmaktadır.
4. Madde 2.5.7'de yoğuşan suyun kütlesinin ahşap işlenmiş ahşaptan mamul malzemenin kütlesini % 3'ten daha fazla artmamalıdır denmektedir. Ahşaptan mamul malzemenin kütlesinin % 3'ü $m = 0,03 \times 0,019 \times 700 = 0,399$ kg/m² 'dir.

Aralık, ocak ve şubat aylarında yoğuşan toplam su miktarı 0,092 kg/m^2 olduğundan, ahşap mamulün kütlesini % 3 oranında artırmamaktadır.

Yoğuşma tahkiki yapılan yapı bileşeni standardda verilen bütün kriterleri sağladığından standarda uygundur.

Not - Yukarıda örnek olarak verilen hesaplama, sadece bir duvar örneği için verilmiş olup, yapının dış hava temaslı diğer bölümleri ve toprak temaslı duvarlar için tekrarlanır.

Ek G

İllerin ve bazı ilçelerin aylık ortalama bağıl nem oranları (%)

İL/İLÇE ADI	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
ABANA	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ADANA	66	64	65	68	67	68	71	71	65	62	66	68
ADIYAMAN	69	66	62	59	50	35	31	34	36	50	64	72
AFŞİN	79	75	69	61	59	52	46	48	53	64	74	79
AFYON	78	73	67	63	61	57	54	54	56	65	73	79
AĞRI	82	82	81	75	70	64	59	57	59	70	79	83
AKSARAY	70	66	61	58	56	51	47	46	49	58	66	71
AMASYA	68	62	58	58	57	55	54	55	57	62	67	70
ANKARA	76	71	65	62	59	55	49	48	52	62	72	78
ANTALYA	65	64	67	70	67	60	58	61	62	60	66	68
ARDAHAN	77	76	75	70	70	71	69	67	65	71	75	79
ARHAVİ	72	70	71	74	77	79	82	82	82	81	78	74
ARTVİN	64	63	61	60	63	66	70	71	67	66	64	65
AYDIN	70	67	65	63	57	49	51	56	57	62	68	73
AYVALIK	77	76	75	74	69	64	63	65	68	74	79	79
BALIKESİR	81	78	75	71	68	61	61	63	64	72	79	82
BARTIN	84	81	79	79	78	77	78	80	82	84	84	85
BATMAN	78	71	67	64	57	42	35	36	41	58	72	79
BAYBURT	72	71	67	61	60	58	54	54	53	62	69	73
BİLECİK	78	75	71	68	67	65	65	66	66	72	75	78
BİNGOL	71	69	65	60	54	43	37	37	42	59	68	73
BİTLİS	77	77	75	70	64	55	51	53	55	67	75	79
BODRUM	64	63	63	63	59	52	50	54	56	61	65	67
BOLU	80	76	73	71	72	73	72	72	72	77	78	82
BOZKURT	80	80	80	80	81	80	79	79	80	82	79	80
BURDUR	74	69	65	62	58	51	46	46	51	59	70	77
BURSA	71	70	69	68	64	60	58	61	65	71	73	73
CİDE	74	72	72	75	76	74	75	76	77	77	74	72
ÇANAKKALE	84	81	81	81	78	73	69	70	74	78	83	84
ÇANKIRI	80	74	67	67	66	62	58	59	62	69	77	80
ÇATALZEYTİN	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ÇORUM	78	73	68	67	67	64	61	62	63	69	75	79
DALAMAN	73	72	75	76	73	65	66	69	69	71	75	76
DATCA	65	63	64	63	60	54	52	53	54	61	66	68
DENİZLİ	73	70	67	63	57	49	48	50	54	63	70	76
DİYARBAKIR	75	70	67	65	56	38	29	30	35	52	68	76
DOĞANYURT	71	72	72	66	74	71	75	73	74	77	72	69
DURSUNBEY	74	72	69	66	64	60	59	61	61	68	73	76
DUZCE	81	75	72	71	71	70	72	73	74	78	79	81
EDİRNE	82	75	73	69	65	61	57	58	63	73	80	83
ELAZIĞ	75	72	66	60	55	43	36	36	41	59	72	76

Ek G’nin devamı

İL/İLÇE ADI	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara

ELBİSTAN	74	70	66	63	61	58	55	55	57	65	72	74
ERZİNCAN	75	72	66	60	59	54	50	51	54	68	75	77
ERZURUM	78	77	75	67	63	59	54	51	54	66	75	79
ESKİŞEHİR	79	75	69	66	64	61	57	58	61	68	74	80
FETHİYE	66	63	64	65	62	57	57	59	60	63	67	68
GAZİ ANTEP	75	72	68	66	59	50	47	50	53	62	73	77
GİRESUN	71	71	74	79	80	79	79	77	78	77	72	70
GÖKOVA	73	71	73	73	68	59	57	60	62	68	74	76
GÖKSUN	79	76	73	69	66	59	54	56	61	69	76	81
GÜMÜŞHANE	71	68	65	63	64	64	64	64	63	68	71	72
HAKKARİ	71	71	67	60	54	44	39	37	38	54	64	72
HATAY	75	71	70	71	70	71	73	73	69	66	71	76
HOPA	66	67	72	75	79	78	80	80	78	76	69	63
IĞDIR	66	59	50	48	49	45	43	45	50	62	65	68
İNEBOLU	77	76	77	79	80	77	76	76	78	80	77	77
ISPARTA	71	68	65	63	59	53	49	51	56	62	69	75
ISTANBUL	79	76	75	74	74	70	71	74	75	80	79	80
İZMİR	71	69	67	64	60	53	51	54	58	64	70	73
K.MARAŞ	70	66	62	60	56	53	54	55	53	58	68	73
KARABÜK	73	68	64	64	59	58	59	61	61	65	71	75
KARAMAN	76	73	67	59	57	51	46	47	51	61	71	77
KARS	82	81	81	74	73	72	72	69	67	73	80	83
KASTAMONU	75	71	66	66	65	64	60	61	65	71	76	78
KAYSERİ	77	74	68	63	63	58	52	52	55	64	72	77
KELEŞ	69	67	64	63	59	57	55	54	56	62	66	71
KIĞI	66	64	62	59	54	49	45	44	46	57	65	68
KİLİS	68	64	61	57	49	46	50	51	48	49	60	70
KIRIKKALE	79	74	67	65	62	58	54	53	56	65	75	80
KIRKLARELİ	79	75	73	69	66	64	60	63	66	73	78	80
KIRŞEHİR	79	75	69	67	63	58	53	53	56	65	75	80
KOCAELİ	78	75	74	72	71	69	71	73	73	78	78	78
KONYA	76	71	63	58	56	48	42	43	46	58	71	78
KORKUTELİ	68	66	63	61	58	50	46	48	51	58	67	71
KÖYCEĞİZ	68	66	66	65	59	50	50	54	56	62	69	72
KÜTAHYA	71	68	63	60	58	57	56	57	58	63	68	73
MALATYA	73	68	61	55	51	41	35	35	40	56	70	75
MANİSA	75	70	67	64	56	47	45	48	53	63	73	78
MARDİN	66	63	60	54	43	34	29	30	33	47	58	68
MARMARİS	73	71	73	73	68	59	57	60	62	68	74	76
MERSİN	68	68	70	73	75	77	78	76	69	65	66	68
MERZİFON	77	73	69	66	67	67	64	65	65	69	74	77
MESUDİYE	77	74	72	69	70	70	68	71	71	73	76	78
MİLAS	70	67	67	66	61	52	51	56	60	64	70	73
MUĞLA	76	73	71	69	63	53	49	51	56	65	75	80

Ek G’nin devamı

İL/İLÇE ADI	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
MUŞ	80	79	77	69	62	51	42	40	45	64	77	82
NEVŞEHİR	70	69	63	60	58	54	52	51	51	59	66	71

NİĞDE	75	71	65	60	59	54	48	49	51	62	70	75
ORDU	68	69	72	75	75	72	72	72	72	74	71	69
OSMANİYE	64	61	62	63	62	61	65	63	58	59	63	68
POZANTI	66	63	64	64	60	59	59	57	56	61	66	68
PÜLÜMÜR	75	74	71	64	59	54	49	49	51	65	75	76
RİZE	75	74	76	76	77	77	79	79	80	81	78	76
SAKARYA	76	75	73	73	73	71	74	75	75	79	78	77
SAMSUN	68	70	74	80	80	77	74	74	75	76	71	68
ŞANLI URFA	72	67	63	60	48	38	35	38	41	51	65	74
Ş.KARAHİSAR	71	68	64	60	61	60	57	56	56	63	69	73
SİİRT	73	67	64	59	51	37	30	29	34	51	65	74
SİNOP	72	72	75	78	78	76	77	76	75	75	75	73
ŞIRNAK	69	69	65	59	56	52	52	48	50	54	59	66
SİVAS	77	74	69	64	63	61	59	58	59	66	74	78
SOLHAN	75	74	71	64	57	47	40	40	43	59	70	77
TEKİRDAĞ	82	79	79	79	77	74	71	73	75	79	82	82
TOKAT	69	65	59	60	61	60	58	59	60	66	70	72
TOSYA	74	68	61	60	61	59	54	55	56	62	70	77
TRABZON	69	68	72	76	78	76	76	76	75	75	71	68
TUNCELİ	75	72	66	61	57	48	40	39	44	62	73	76
ULUDAĞ	72	73	71	69	63	62	59	59	61	65	71	77
ULUS	80	75	71	72	70	70	68	68	74	78	78	82
UŞAK	74	71	68	66	62	56	52	52	56	63	71	78
VAN	65	65	65	59	54	47	44	42	45	57	64	66
YALOVA	73	72	73	73	73	71	72	73	73	77	75	73
YOZGAT	80	78	74	70	68	65	61	60	61	69	77	81
ZONGULDAK	70	69	69	70	72	71	74	74	72	74	69	70

Not - Ek’te adı bulunmayan yerleşim birimleri için, ek’te verilen bağlı bulundukları belediyenin bağıl nem değeri alınır.

Ek H

Çizelge H.1 - Yapı bileşeninin termofiziksel özellikleri

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka kalınlığı D	Su buharı difüzyon direnci katsayısı μ	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı S_d	Difüzyon dengi hava tabakası kalınlığı (kümülatif) S_{dT}	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h	Yüzeysel ısıl iletkenlik direnci, malzemenin ısıl direnci R	Yüzeysel ısıl iletkenlik direnci, malzemenin ısıl direnci (kümülatif) R_T
-	-	M	-	m	m	W/(m.K)	m^2.K/W	m^2.K/W
1	Dış yüzeyin yüzeysel ısıl iletkenlik direnci	-	-	-	-	-	0,04	
..								
..								
..								
..	İç yüzeyin yüzeysel ısıl iletkenlik direnci	-	-	-	-	-	0,25	
				S_{dT} = ... m			1/U = ...	

Çzielge H.2 - Yapı bileşeninin basınç ve sıcaklık dağılımı

	Buharlaşmanın bitiş ayı		Başlangıç ayı		...		...		Buharlaşmanın başlangıç ayı	
	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)	Sıcaklık dağılımı (°C)	Basınç dağılımı (Pa)
Dış ortam										
Dış yüzey										
Ara yüzey										
...										
İç yüzey										
İç ortam										

Çizelge H.3 - Yapı bileşenindeki yoğuşma ve buharlaşma miktarı

Aylar	θ_e (°C)	φ_d (%)	m_y (kg/m^2)	Σm_y (kg/m^2) (kümülatif)
Başlangıç ayı	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		
	Ek 2 B	Ek 7		

Ek I
(Bilgi için)
Binanın özgül ısı kaybı hesaplama çizelgesi

Binadaki yapı elemanları		Yapı elemanı kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	Isıl iletkenlik direnci R (m^2K/W)	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m^2K)	Isı kaybedilen yüzey A (m^2)	Isı kaybı A x U W/K
Duvar yüzeyleri							
Toplam							
Betonarme yüzeyler							
Toplam							
Taban/ döşeme							
Toplam							
Tavan							
Toplam							
Dış kapı							
Pencere							
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							

$\Sigma AU = U_D A_D + U_p.A_p + 0,8\ U_T.A_T + 0,5\ U_t A_t + U_d A_d$ +.... ΣAU = Özgül ısı kaybı ; $H = H_T + H_v$	İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ; $H_T = \Sigma AU + l\ U_l$ Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı $H_v = 0,33 . n_h . V_h$ = ...W/K

$H = H_T + H_v$ = ... W/K

Ek J
(Bilgi için)

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplama çizelgesi

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H=H_T+H_v$ (W/K)	$\theta_i-\theta_e$ (K,˚C)	$H(\theta_i-\theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T=\phi_i+\phi$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
Ocak									
Şubat									
Mart									
Nisan									
Mayıs									
Hazira									
Temmuz									
Ağusto									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									

$Q_{ay} = [H\ (\theta_i - \theta_e) - \eta\ (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})] \cdot t$ (Joule)

$Q_{yıl} = \Sigma\ Q_{ay}$ =

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0{,}278 \times 10^{-3}$ x ---------- (kj) = ----------kWh

Konutlar için iç ısı kazancı $\phi_{i,ay} \leq 5 \cdot A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma\ r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKOay)}$

Örnek binadaki kullanım alanı A_n başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı;

$Q = Q_{yıl}/A_n$ = ---------- kWh/m^2 $A_n = 0{,}32\ V_{brüt}$ = ---------- m^2

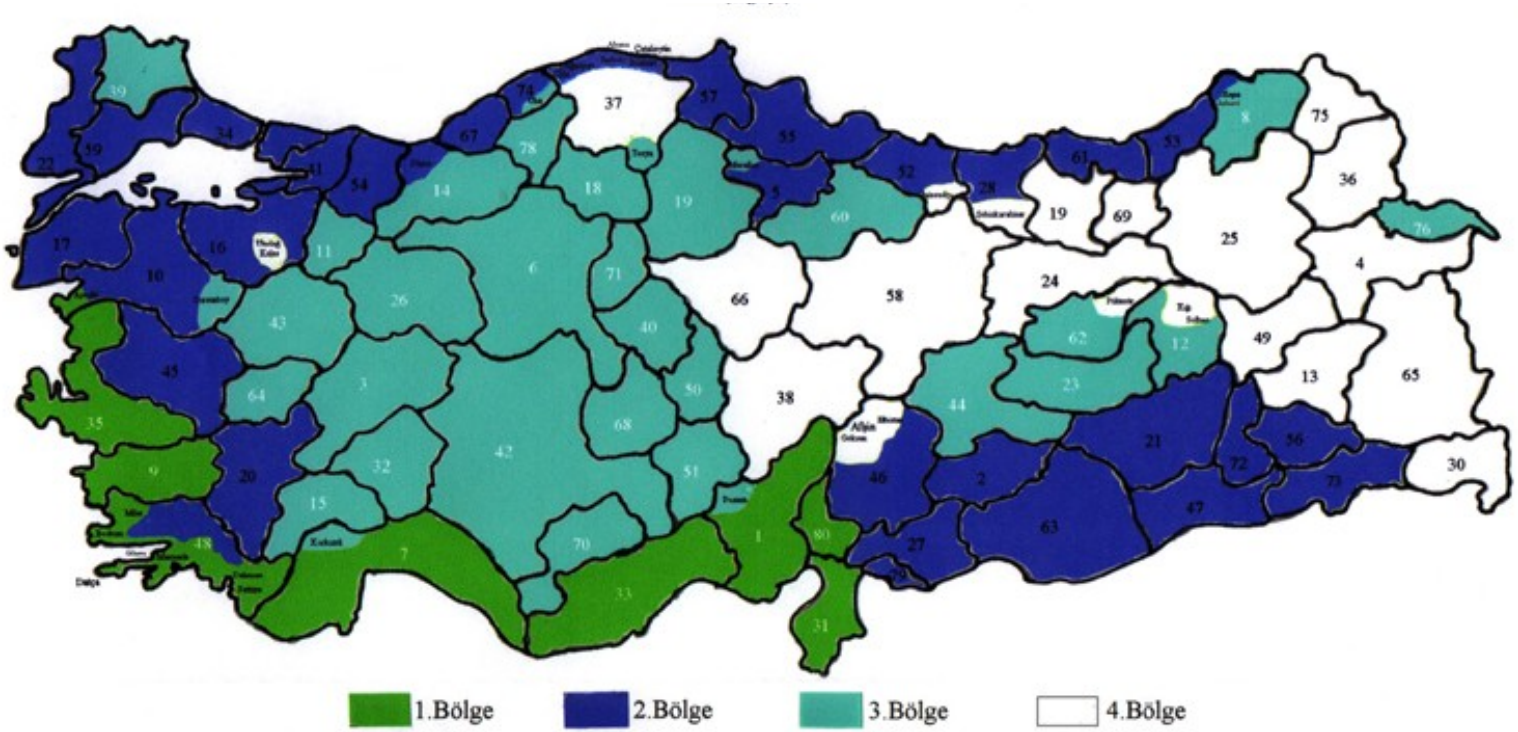
Örnek binadaki ısıtılan yapı hacmi ($V_{brüt}$) başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı $Q = Q_{yıl}/V_{brüt}$

$A_{top}/V_{brüt}$ = ------ oranı --------- bölge için Ek A'dan alınan Q' = ---------- eşitliğinde yerine konulduğunda örnek bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = ------ kWh/m^2 veya Q = ... kwh/m^3 bulunur ve hesaplanan Q ile karşılaştırılarak projenin ısı kaybı açısından uygunluğu tanımlanır.

Yapılan hesaplamada ------< ------ yani **Q < Q'** olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının olması gereken en büyük değerin altında olduğu görülmektedir. O halde bu proje, bu standardda verilen hesap metoduna uygundur.

Ek K
(Bilgi için)

Derece gün bölgelerine göre illerimiz



01- ADANA	10- BALIKESİR	19- ÇORUM	28- GİRESUN	37- KASTAMONU	46- K.MARAŞ	55- SAMSUN	64- UŞAK	73- ŞIRNAK
02- ADIYAMAN	11- BİLECİK	20- DENİZLİ	29- GÜMÜŞHANE	38- KAYSERİ	47- MARDİN	56- SİİRT	65- VAN	74- BARTIN
03- AFYON	12- BİNGÖL	21- DİYARBAKIR	30- HAKKARİ	39- KIRKLARELİ	48- MUĞLA	57- SİNOP	66- YOZGAT	75- ARDAHAN
04- AĞRI	13- BİTLİS	22- EDİRNE	31- HATAY	40- KIRŞEHİR	49- MUŞ	58- SİVAS	67- ZONGULDAK	76- IĞDIR
05- AMASYA	14- BOLU	23- ELAZIĞ	32- ISPARTA	41- KOCAELİ	50- NEVSEHİR	59- TEKİRDAĞ	68- AKSARAY	77- YALOVA
06- ANKARA	15- BURDUR	24- ERZİNCAN	33- İÇEL	42- KONYA	51- NİĞDE	60- TOKAT	69- BAYBURT	78- KARABÜK
07- ANTALYA	16- BURSA	25- ERZURUM	34- İSTANBUL	43- KÜTAHYA	52- ORDU	61- TRABZON	70- KARAMAN	79- KİLİS
08- ARTVİN	17- ÇANAKKALE	26- ESKİŞEHİR	35- İZMİR	44- MALATYA	53- RİZE	62- TUNCELİ	71- KIRIKKALE	80- OSMANİYE
09- AYDIN	18- ÇANKIRI	27- GAZİANTEP	36- KARS	45- MANİSA	54- SAKARYA	63- ŞANLIURFA	72- BATMAN	81- DÜZCE

Kaynaklar

TS EN 832:2007 - Binaların ısıl performansı – Meskenlerde ısıtma amacıyla kullanılan enerjinin hesaplanması
TS EN ISO 10456:2002 - İnşaat malzeme ve mamulleri - Beyan ve tasarım termal değerlerinin tayini için metodlar
TS EN ISO 10211-1:2000 - Bina inşaatlarında ısıl Köprüler - Isı akışları ve yüzey sıcaklıkları - Bölüm 1: Genel hesaplama metodları

TS EN ISO 10211-2:2001 – Bina yapımında ısıl köprüler- Isı akışlarının ve yüzey sıcaklıklarının hesaplanması- Bölüm 2: Doğrusal ısıl köprüler

TS EN ISO 14683+AC:2000 - Bina inşaatı-Isıl köprüler-Lineer ısıl geçirgenlik-Basitleştirilmiş metod ve hatasız değerler

TS EN 12524:2000 - Bina malzemeleri ve mamulleri - Hidroısıl özellikler - Çizelgeleştirilmiş tasarım değerler

TS EN ISO 6946:2007 - Yapı bileşenleri ve yapı elemanları - Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik hesaplama metodu

TS EN ISO 13788:2004 - Bina bileşenlerinin ve bina elemanlarının nemli ortamda ısıl performansı – Kritik yüzey nemini ve bina bileşenlerinin içindeki yoğuşmayı önlemek için iç yüzey sıcaklığı – Hesaplama metodları

TS EN ISO 7345:1996 - Isıl yalıtım - Fiziksel büyüklükler ve tarifler

DIN 4108-2:2003 - Thermal protection and energy economy in buildings - Part 2: Minimum requirements to thermal insulation

DIN V 4108-4:2007 - Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 4: Hygrothermal design values

DIN 4108-7:2001 - Thermal insulation and energy economy of buildings - Part 7: Airtightness of building, requirements, recommendations and examples for planning and performance